النشاط الشمسي وأثره

على الكرة الأرضية

إعداد

الأستاذ الدكتور / **حنفي علي دعبس**

٢٠٠٢



تقديم

يواصل المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية مسيرته فى خدمة مجتمع البحث العلمى فى مصر، من خلال دراساته المتنوعة فى مجالات الفلك، وعلوم طبيعة الأرض، والفضاء، هذا بالإضافة إلى إهتمام المعهد البالغ بنشر الوعى العلمى، بين جميع فئات القراء العرب بصفة عامة، والقارىء المصرى بصفة خاصة، وذلك بنشر مجموعة من الكتيبات المبسطة فى جميع المجالات التى يتم دراستها بالمعهد، مما يساعد على التشجيع فى المشاركةالفعالة لحفظ البيئة، ونشر مفاهيم مجالات علوم الفلك وطبيعة الأرض والفضاء.

وبرغم التخصص الدقيق لموضوع هذا الكتاب، وحداثة محتوياته فقد إستطاع الكاتب، بما له من خبرة تمتد لما يزيد عن أربعين عاما فى مجال المغناطيسية الأرضية وإرتباطها بالنشاط الشمسى، أن يتناوله بأسلوب سهل مبسط أعجبتنى فيه شمولية ما يحتويه من معلومات موضحة بالصور والأشكال الملونة، وبعيداً عن أى تعقيدات علمية، مما سيساعد المتخصصين وغير المتخصصين على فهم الظواهر الطبيعية والنشاط الذى يحدث فى الشمس وأثر ذلك على بيئتنا فى الكرة الأرضية وما حولها.

والله الموفق ...

أ.د. على عبد العظيم تعيلب

رئيس المعهد القومى

للبحوث الفلكية والچيوفيزيقية



النشاط الشمسى وأثره على الكرة الأرضية

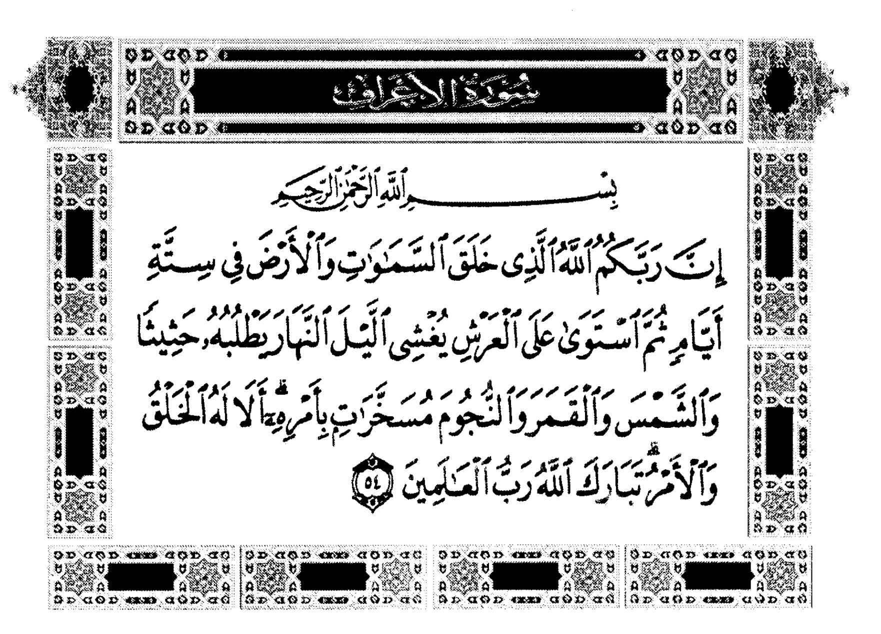
(مقدمة)

كثيراً ما تطالعنا الصحف بحدوث إنفجارات شمسية تهدد الإتصالات على الأرض، وتحذر من شوشرة على أجهزة الراديو، والإتصالات اللاسلكية، وشبكات الكهرباء، ومسارات الأقمار الصناعية...

وإذا تتبعنا أخبار هذه الأحداث بدقة، سنجد أنها تصل إلى ذروتها كل حوالى إحدى عشر عاماً. فما هو سر الترابط بين ما يجرى حدوثه هناك فى الشمس وتلك التغيرات التى نلمسها على سطح الأرض والغلاف الذى يحيط بها؟

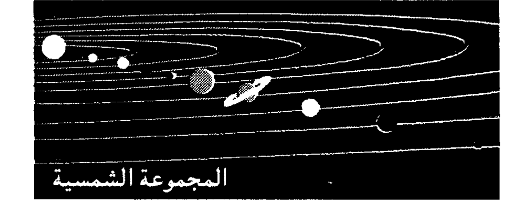
لكى نتعرف على هذا الترابط سنتعرض ببساطة شديدة لبعض المعلومات والحقائق عن الكون الذى نعيش فيه، وعن الشمس ، وما يجرى فيها من ظواهر، وما ينطلق منها فى اتجاه الأرض، سواء إذا كانت أشعة كهرومغناطيسية أو جسيمات، ، ثم نحوم حول الكرة الأرضية، نناقش مغناطيسيتها، وما يحيط بها من غلاف جوى، يحفظانها ويقيانها من أشعة وجسيمات لو وصلت إليها لأبادت الحياة بكافة أشكالها. وسنبين أيضاً كيفية وصول ما تقذف به الشمس من أشعة وجسيمات فى أتجاه كرتنا الأرضية، وأخيراً كيف يتم الترابط بين الظواهر الشمسية وبين المتغيرات التى نلاحظها سواء على سطح الأرض أو فى غلافها الجوى.

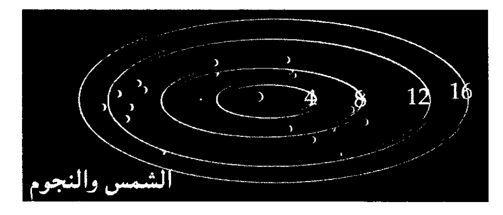




سورة الأعراف (الآية ٥٤)

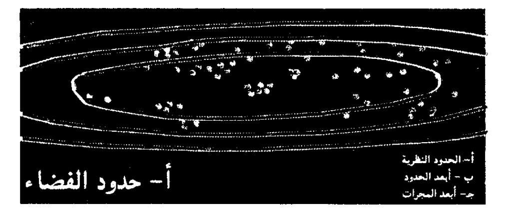
(الكون)





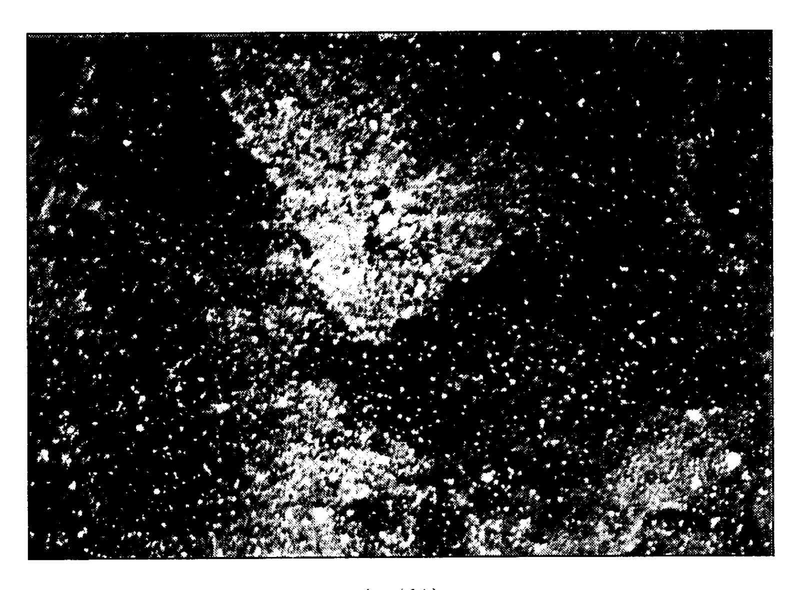






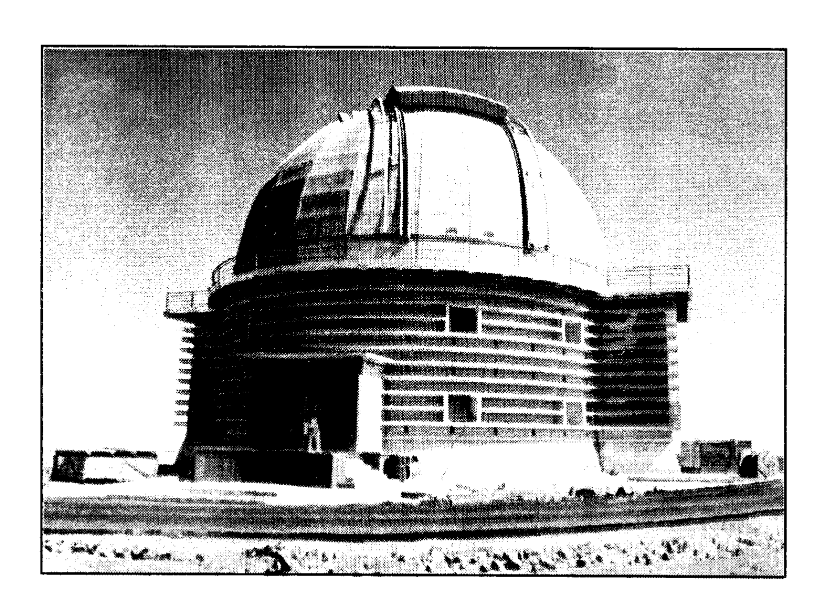
(شكل ١) الكون من الفضاء

يختص علم الفلك، وهو أقدم العلوم، بدراسة الكون (شكل١) بما يحتويه من مجرات وسدم (شكل٢) ونجوم وكواكب، نرى مسقطها على قبة السماء. وقد إنحصرت رؤية السماء، منذ القدم، ليلاً في الحزمة الرقيقة المحدودة من الضوء المرئى (ألوان قوس قزح السبعة المحصورة فى الألوان: الحمراء والبرتقالى والصفراء والخضراء والزرقاء والنيلى والبنفسجى) الذى تحسه العين. ولكل لون من هذه الألوان طول موجى معين. ولكن الأجرام السماوية تولد إشعاعات ذات أطوال موجية فيما وراء الأمواج المرئية (تحت الحمراء، وفوق البنفسجية وأشعة جاما، والأشعة السينية، والأمواج الراديوية)، وقد أكتشفت هذه الأنواع من الإشعاعات، تاريخياً قبل التحقق من أنها ذوات طبيعة متشابهة، فجميعها ترحل فى الفضاء بسرعة مهولة قدرها ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر/ ثانية على سبيل المثال.

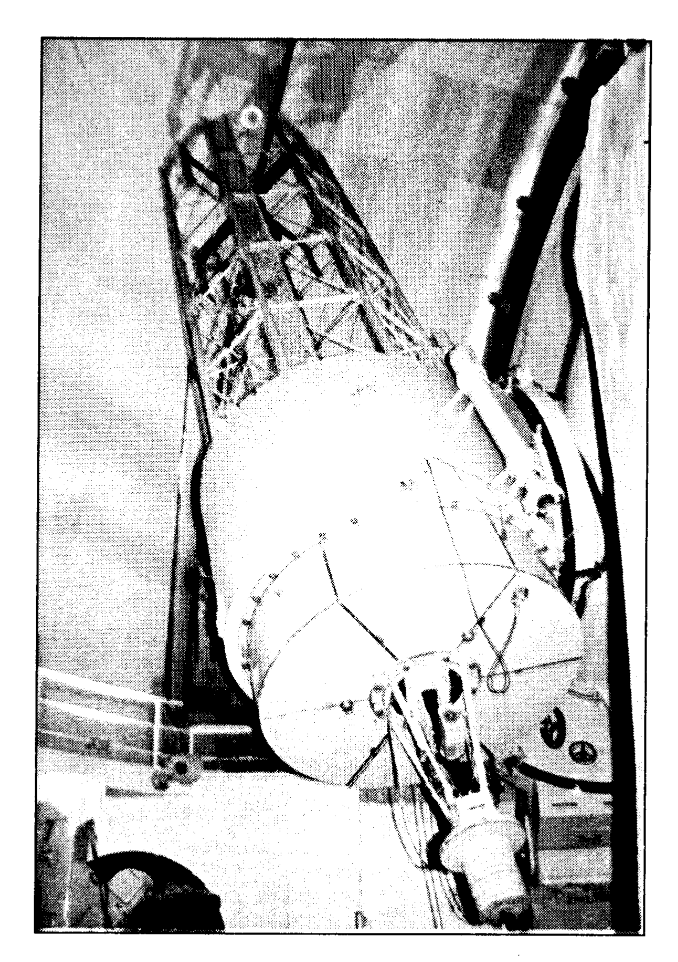


(شكل ٢)

وتحليل جميع أنواع الإشعاعات فى الدراسات الفلكية الحديثة فى غاية الأهمية؛ حيث تتيح لنا دراسة كل نوع منها بمعلومات متمايزة عن طبيعة الكون، فعلى سبيل المثال علمنا أن، إشعاعات راديوية خاصة تتأصل من أجسام ذات تغير هائل، فالأشعة السينية وفوق البنفسجية تشع أساساً من المناطق الساخنة، فى حين أن الأشعة تحت الحمراء تشع من الأجسام الباردة نسبياً. ويشارك المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية (مرصد حلوان الملكى سابقاً) فى الأرصاد الفلكية بأجهزة متطورة (شكل٣) منذ عام ١٩٠٣.



(شكل ٣-أ)
قبة منظار القطامية الفلكى



(شكل ٣- ب)

منظار القطامية الفلكى (٧٤")

ومن نوعيات الإشعاعات المختلفة؛ يتمكن الضوء المرئى، وبعض الإشعاعات تحت الحمراء والأنواع الراديوية، من إختراق الغلاف الجوى الأرضى، وبذلك يمكن إكتشاف المصدر المشع عند سطح الأرض. وقد تم أخذ أرصاد فلكية فى الأطوال الموجية المختلفة خلال عشرات السنين الفلكية الماضية، بإطلاق أجهزة إلى الفضاء تعلو فوق الغلاف الجوى، الذى يعوق الأرصاد لو أخذت عند سطح الأرض، بإستخدام البالونات والصواريخ، والأقمار الصناعية.

وقد إتسع نطاق الأبحاث الفلكية نتيجة أرصاد الفضاء، فشمل من الدراسات الخاصة بالكواكب والنجوم الأقرب من الأرض إلى الأجرام المتقلبة والمبهمة عند أقصى حدود الكون المرصودة فقط بأقوى الأجهزة التى وسعت نطاق الرؤية البشرية.

وقد كشفت النجوم ظواهر جديدة عندما درست من الفضاء، وأن السماء ظهرت كمكان ذى تغير وهياج واضطراب، خلاف ما كانت تراه العين البشرية منذ القدم، فقد وجد أن الغلاف الجوى للنجوم المخلخل جداً، أو **الإكليل** الخاص بكل منها، يلمع فى الأشعة فوق البنفسجية والسينية. والنجوم التى بلغت نهاية تطورها قد تنفجر، من نفسها، إلى أجزاء فى أحداث درامية، ويطلق عليها **السوبر نوفا**. والطاقة التى تتحرر فى إنتحَار النجوم غالباً تفوق عشرة آلاف مليون مليون مليون ميجا قنبلة هيدروجينية. ويهب الحطام من هذه المحرقة إلى الفضاء وقد يتلألأ فى الإشعاعات فوق البنفسجية والسينية، لعشرات الآلاف من السنين. ويدل القلب المحروق للنجم الأصلى على كثافة عالية، وهو ما يطلق عليه **النجم النيوترونى** والذى قد يرصد كنابض (pulser) أو نجم الأشعة السينية (نوع من النجوم غالباً لا يمكن رؤيته، ولكن يستكشف عن طريق الإشارات الراديوية المنتظمة التى تطلقها). ولو كان مسار نجم نيوترونى حول نجم مرافق

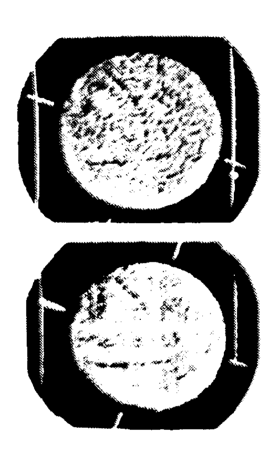
عاديا؛ فقد تتراقص مواد المرافق إلى مكان النجم النيوتروني. وفى هذه العملية تسخن إلى درجة الحرارة المطلوبة لإنتاج الأشعة السينية، والغالبية العظمى لنجوم الأشعة السينية فى السماء من هذا القبيل.

إن الفضاء بين النجوم ليس خالياً صرفاً، بل يملؤه تراب وغاز. وقد وجد الفلكيون شواهد لولادة النجوم ضمن مواد ما بين النجوم. وقد تتقلص شرنقة غاز وتراب باردة سوداء تحت تأثير الجاذبية، وتسخن أثناء التقلص، إلى أن تصل فى النهاية إلى نجمة مشعة جديدة وهذه المناطق معتمة بالنسبة للضوء المرئى، ولكن يمكن إختراقها ورؤيتها بالأشعة تحت الحمراء، واكتشفت باستخدام تيلسكوبات مبردة على مركبة فضائية. وترتد بين المناطق الباردة مواد ساخنة رقيقة؛ تكتشف كخلفية باهتة من الإشعاع السينى.

وقد وجدت مركبات كيميائية معقدة فى مواد ما بين النجوم؛ تشتمل على بعض من نفس الجزيئات العضوية، التى تلعب على الأرض دوراً فى الأحياء العضوية. وتستطيع دراسة الأرصاد الفضائية فى فوق البنفسجية وتحت الحمراء، مثلها مثل الأرصاد الأرضية فى الأطوال الموجية القصيرة جداً، أن تربط أخيراً بين التفاعلات الكيميائية المركبة فى فضاء ما بين النجوم مع العمليات التى قادت إلى نشوء الحياة فوق الأرض.

وتوجد النجوم متجمعة فيما يسمى **بالمجرات**. والنجم الذى تتبعه كرتنا الأرضية هى الشمس (شكل٤)، يقع فى مجرة سكة التبانة التى تحتوى على ١٠٠٠٠٠ مليون نجم وأقرب هذه النجوم تقع على بعد يزيد عن ٤٠ مليون مليون كيلو متر. وأبعد نجم فى مجرتنا يقع على بعد ٢٠ ألف قدر هذه المسافة. والكون المرئى يشمل حوالى ١٠٠٠٠ مليون مجرة، وتكتشف المجرات من الفضاء بالأشعات ذات الأطوال الموجية المختلفة.

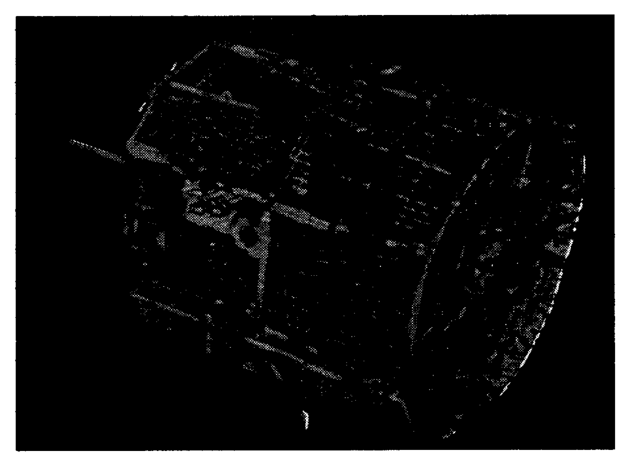
والعديد منها وجد أنها موقع جيشان هائل.



(شكل ٤)

(شكل٤) صورتان أخذتا بالمطياف الشمسى يوم ٢٦ مايو ١٩٣٠ فى الخط K3 للكالسيوم (أعلى) وفى الخط H3 للهيدروجين (أسفل)، ويأتى الضوء لهذه الخطوط من مستوى عال فى الطبقة الملونة (مرصد ميدون).

ومن المهم التأكيد على أن النظر إلى الأجرام فى هذه الأعماق الهائلة فى الفضاء؛ مكننا أيضاً أن نرى حالتها منذ أزمنة سحيقة أيضاً. ولقد هيأت لنا المركبات الفضائية (شكل٥) قاعدة سحرية، ننطلق منها بإستخدام الأطوال الموجية لدراسة نجوم ومجرات، لا نستطيع إكتشافها بالأرصاد التى تتم عند سطح الأرض وذلك أثناء مراحل تطورها المختلفة: كنجمة ناشئة تتولد من سحابة عملاقة من غازات وأتربة ما بين النجوم (شكل٦)،



(شكل ٥) القمر أريل (٥)



(شكل٦) ولادة نجوم جديدة فى سديم تريفدا



سُورَةُ يسٓ

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

وَءَايَةٞ لَّهُمُ ٱلَّيۡلُ نَسۡلَخُ مِنۡهُ ٱلنَّهَارَ فَإِذَا هُم مُّظۡلِمُونَ ٣٧
وَٱلشَّمۡسُ تَجۡرِي لِمُسۡتَقَرّٖ لَّهَاۚ ذَٰلِكَ تَقۡدِيرُ ٱلۡعَزِيزِ ٱلۡعَلِيمِ
٣٨ وَٱلۡقَمَرَ قَدَّرۡنَٰهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَٱلۡعُرۡجُونِ ٱلۡقَدِيمِ ٣٩
لَا ٱلشَّمۡسُ يَنۢبَغِي لَهَآ أَن تُدۡرِكَ ٱلۡقَمَرَ وَلَا ٱلَّيۡلُ سَابِقُ ٱلنَّهَارِۚ
وَكُلّٞ فِي فَلَكٖ يَسۡبَحُونَ ٤٠

سورة يس (الآية ٣٧-٤٠)

(الشمس الهادئة)

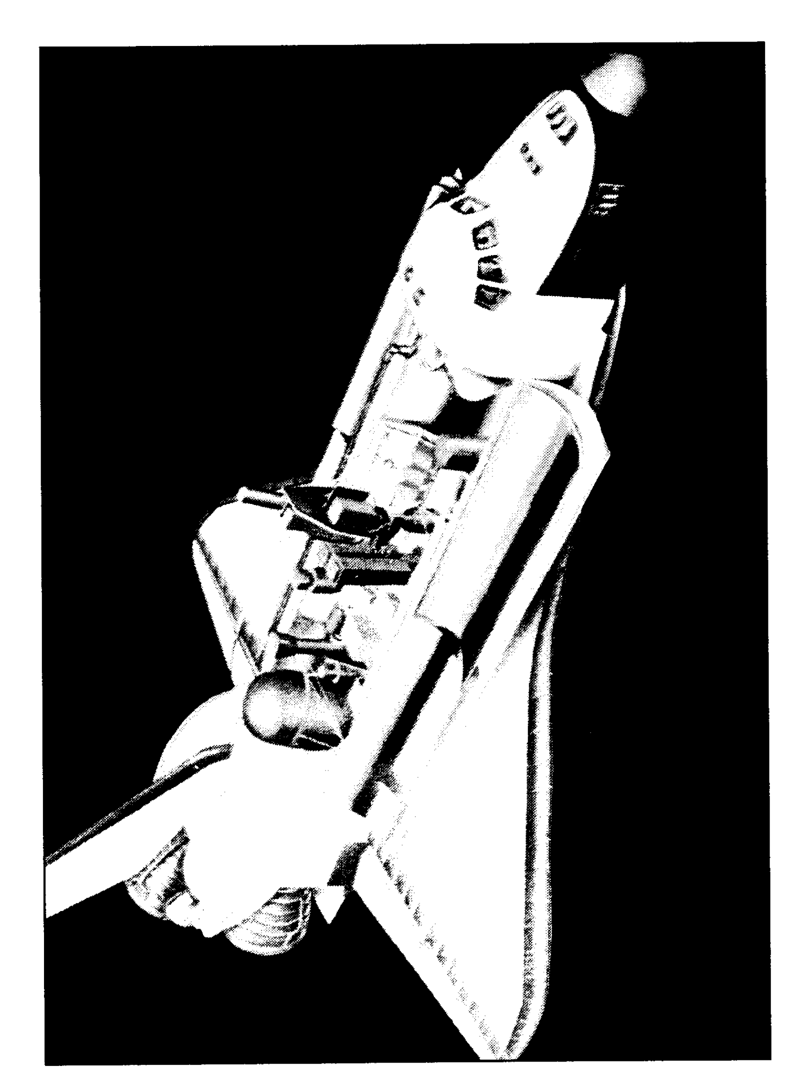
تعتبر الشمس هى منبع مصادر الطاقة على وجه الأرض. فجميع وجوه الطاقة المتاحة لنا سواء فى الفحم، والبترول، والغاز، والخشب.... هى طاقة شمسية مخزنة. بالإضافة إلى ذلك فإن الإشعاعات الشمسية هى أكبر مؤثر على نظم الحالة المناخية للكرة الأرضية. لذلك فقد عكف العلماء على دراسة الشمس لأنها: هى المنبع الأساسى للطاقة الحالية، وليعلموا أكثر عن جو ومناخ الكرة الأرضية. والشمس أيضاً تعتبر منفذاً للفلكيين لدراسة النجوم الأخرى؛ ذلك لأنها النجم الوحيد القريب لدرجة تمكنهم من دراسات متقنة ومفصلة، ويعتبر الفلك الشمسى أساس لفهمنا لما يجرى فى النجوم الأخرى، وأخيراً فإن الشمس تمثل معملا حيث يمكن بحث ودراسة خواص المادة عند درجات حرارة وضغط ومجال مغناطيسى لا يمكن أن تتوفر فى المعامل على سطح الأرض.

وملامح الشمس ليست ثابتة بل متغيرة، وهى غازية كلية، كرة ملتهبة، تتكون أساساً من الهيدروجين والهيليوم بالإضافة إلى كميات ضئيلة من بعض الغازات الأخرى والمعادن الثقيلة (أساساً أوكسيجين وكربون، ونيتروجين، ومنجنيز وحديد). وتعمل درجة الحرارة الفائقة والمهولة فى باطن الشمس على بداية سلسلة من الإندماج النووى تنتج الطاقة التى تغذى الفرن الشمسى. ويعتقد أن العمليات النووية تعمل على تحويل الهيدروجين إلى هيليوم مع تحرر طاقة. وبالرغم أننا نتكلم عن سطح الشمس، فحقيقة الأمر أننا نتكلم عن غلافها. وتبلغ درجة حرارة السطح المرئى (**الفوتوسفير**) حوالى ٦٠٠٠ درجة مطلقة بينما تزداد درجة الحرارة كلما بعدنا عن الشمس إلى المنطقة ذات الغاز الرقيق إلى حوالى مليون درجة. هذا هو **الإكليل الشمسى**. والمنطقة بين هاتين المنطقتين

حيث ترتفع درجة الحرارة بسرعة، مع نقصان فى الكثافة، وتسمى الكروموسفير.

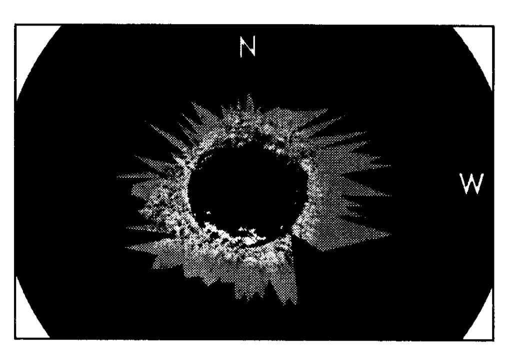
وتتكامل الأبحاث على مستوى العالم، فى إنجلترا وفرنسا وأمريكا وروسيا، على سبيل المثال، فى مجال الفلك الشمسى بإستخدام بيانات الأقمار الصناعية التى تطلق لهذه النوعية من الدراسات وأيضاً فى تدعيم الدراسات المعملية . مثال ذلك الدراسات التى تمت بإستخدام أرصاد مركبة الفضاء التى أطلقت فى فبراير ١٩٨٠ لتطابق قمة الدورة الشمسية،حيث تمت تسجيلات لطيف الأشعة السينية للمناطق النشطة، لتعيين نشأة وحرارة وكثافة وسرعة المواد المشعة، وكيفية تغير هذه الصفات مع الوقت، وعلى سطح الشمس نفسها .وإستمكالا للدراسات يجرى عمل مكوك الفضاء (شكل٧).

وقد عظمت كمية البيانات العلمية الجديدة عن الشمس، بإستخدام الأقمار الصناعية على كل المقاييس. فقد ساعدت على الإجابة فى العديد من الأسئلة الملحة عن كيفية نشوء النجوم، وسلوك المواد فى الحالات القصوى، وكيف أن الشمس تؤثر على بيئة الكرة الأرضية. والشمس إحدى نجوم السماء المتوسطة الحجم، يبلغ نصف قطرها ٦٩٦٠٠٠ كيلومتر. أى حوالى ١٠٩ مرة قدر نصف قطر الكرة الأرضية، وتكوّن كتلتها ٩٩٪ للمجموعة الشمسية، ومتوسط بعد المسافة بين الأرض والشمس. تسمى **الوحدة الفلكية**، حوالى ١٤٩٦٠٠٠٠٠ كيلومتر، أى حوالى ٢١٥ مرة نصف قطر الشمس، أى حوالى ٢٣٤٤٨٠ مرة قدر نصف قطر الكرة الأرضية. ويتغير هذا البعد بحوالى ١,٥٪ من قيمته، فيبلغ أقصاه فى الأيام القليلة بعد أول يوليو، وأدناه فى الأيام القليلة بعد أول يناير حيث تزيد نسبة ما تستقبله الأرض من الإشعاع الحرارى من الشمس بحوالى ٦٪ عما تستقبله فى يوليو .



(شكل ٧) تصور فنى لمكوك الفضاء فى مداره

ويبعد القمر عن الأرض حوالى ٦٠,٣ قدر نصف قطر الكرة الأرضية، وبالرغم أن القمر ٢٧ر فقط من الكرة الأرضية، إلا أن زاويته القطرية كما ترى من الأرض تساوى زاوية الشمس القطرية، مما يسبب ظاهرة كسوف الشمس الكلى، عندما يقع القمر بين الأرض والشمس، فيغطى قرص الشمس الكلى؛ مما يسبب مشاهدة الإكليل الشمسى (شكل٨)، بالعين المجردة، ممتداً فى الفضاء.



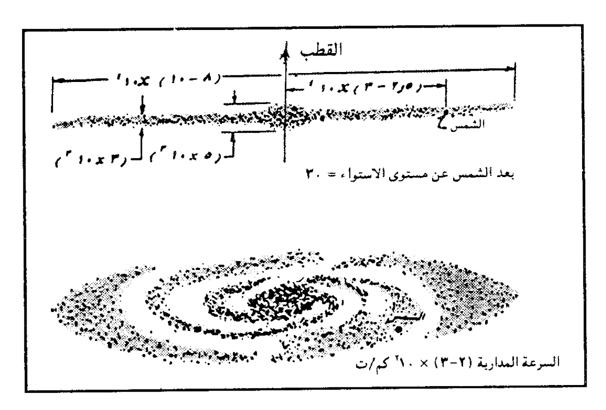
(شكل ٨) رسم للأكليل الشمسى يوم ٢٩ مايو عام ١٩١٩
فى صورة أخذت بسيرال بالبرازيل(ف.و.ديسون) كانت الحقبة
فيما بين الحد الأقصى للبقع الشمسية ١٩١٧,٥ والحد الأدنى ١٩٢٣,٥.

من المعلوم أن الذرات وكذلك الجزيئات تمتص وتشع قدراً من الطاقة. وعند أطوال موجية ملائمة ويساعدنا طيف الإمتصاص والإشعاع عند أطوال موجية ذات ألوان محددة(خطوط) على تمييز المواد من بعضها البعض وأيضاً على حالتها الفيزيائية. ويعين التركيب الكيميائى للشمس، ودرجة حرارتها، وشدة مجالها المغناطيسى والعمليات الشائعة على سطحها من خلال إستعمال مطياف (جهاز لقياس الطيف) حساس يستقبل أشعتها.

وتصنف شمسنا كنجم لدى الفلكيين طيفيا بالتعبير G2، وباللون الأصفر، وبالقزم. وهذا يعنى أن الشمس تنتمى إلى مجموعة نجوم غالبة

فى مجرتنا - طريق اللبان - ذات طيف G2، أقوى فى خطوط الكالسيوم الإشعاعية أكثر من الهيدروجين، ومبينا غزارة خطوط معادن متعددة مع تواجد واضح للحديد. واللون الأصفر يوافق درجة حرارة تتراوح من ٥٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ درجة مطلقة على السطح. والقزم يعنى تصنيف مجموعات النجوم طبقاً للمعانها واللون الملازم لدرجة حرارتها.

وتقع الشمس على بعد حوالى ٣× ١٠^١٧ كيلو متر من مركز مجرتنا على ذراع حلزونى، وتتحرك بسرعة مدارية حوالى ٢٥٠ كيلومتر/ ثانية (شكل٩). والنجوم التى تشع أشعة سينية قوية، تظهر مكتظة ناحية مركز المجرة. وقد لوحظ أن عبور هذه النجوم السمت يسهم فى زيادة طفيفة - ولكنها ملموسة - فى تأين طبقة E من الأيونوسفير، والزيادة فى الوقت الليلى المضاهية فى التيار المسبب للتغيير فى المجال المغناطيسى الأرضى.



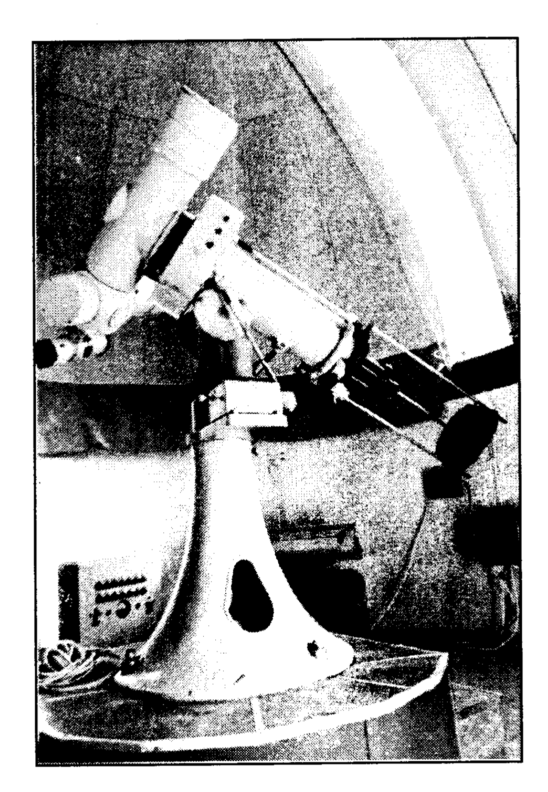
(شكل ٩) موقع الشمس فى المجرة. المسافات الموضحة بالسنين الضوئية.

والشمس هى النجم الوحيد الذى يمكن رصد صفات سطحه. وللشمس مجال مغناطيسى ثنائى القطب، ويميل على محور دورانها ب ٣٠ درجة.

وباسـتـثناء أن كـتلة الشـمس ٩٩, ١×$١٠^{٣٠}$ كـيلو جـرام ، وأن حـجـمـهـا ٤١, ١×$١٠^{٢٧}$ متر مكعب، وأن خارج الطاقة ٨٦, ٣×$١٠^{٢٦}$ جول/ ثانية فإننا لا نملك معلومات مباشرة عن جزء الشمس تحت سطحها غير الشفاف. ويعتقد أن الشمس تحتوى على ٧٦, ٨١٪ من حجمها هيدروجين، و١٧, ١٨٪ هيليوم، والباقى ٠٧, ٠ ٪ يعتقد أنه كربون، ونيتروجين، وأكسجين ، ومعادن متنوعة. ويشارك المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية بأجهزته فى الأرصاد الشمسية (شكل١٠).

وفى باطن الشمس - مثل النجوم الأخرى - تتم تفاعلات حرارية نووية فى درجات الحرارة الهائلة جداً المتوفرة داخل النجوم قادرة على خلق كل العناصر خطوة خطوة من العنصر الأساسى (الهيدروجين)، وهو أبسط وأخف وأكثر العناصر غزارة فى الكون. وباختصار شديد تتم مراحل متتالية من التضاغط إلى الداخل بفعل الجاذبية واحتراق حرارى نووى. ويسبب التضاغط تسخين باطن النجم إلى مستويات درجات حرارة كافية ليتحول وقوده الذرى بعمليات حرارية نووية مشتملة على البروتونات - نواة الهيدروجين -والنيوترونات وأنوية العناصر الخفيفة إلى عناصر أثقل، وتتحرر طاقة مشعة معظمها ضوء، وخلاصة القول أن الطاقة الشمسية تنتج من التفاعل الحرارى النووى فى باطن الشمس حيث يتحول الهيدروجين إلى هيليوم فى ضغط ودرجة حرارة مرتفعين جداً.

وفى عمليات الإندماج يتكون الهيليوم من اندماج أربع بروتونات فى باطن الشمس، وتنتج طاقة حوالى ٤×$١٠^{-١٢}$ جول لكل ذرة هيليوم. وتشع الشمس طاقتها فى جميع الأطوال الموجية، وتشابه بشدة الإشعاع من جسم يسخن لدرجة حرارة سطح الشمس، ويسمى هذا الإشعاع «**إشعاع الجسم الأسود**». تصل هذه الطاقة المنسابة إلى الخارج من عملية الإندماج فى القلب كإشعاع إلى مكان عند حوالى ٨٦, من نصف قطر الشمس، حيث عمل تيارات الحمل غير المنتظمة للهيدروجين .



(شكل ١٠) منظار كودية الشمسى بحلوان

ويعلو هذه المنطقة **الفوتوسفير** بسمك حوالى ٤٠٠ كيلومتر، تمتد إلى حدود القرص المرئى. وتتناقص درجة الحرارة فى الفوتوسفير سريعاً إلى الخارج من حوالى ٦٠٠٠ درجة إلى ٤٠٠ درجة مطلقة، كما تتناقص كثافة أيونات الهيدروجين فى هذه الطبقة بسرعة عالية مع الإرتفاع لدرجة أن يظهر سمك هذه الطبقة كما لو كان ١٠٠ كيلومتر فقط وتخرج ضوءً فى جميع الأطوال الموجية.

وتحدد خطوط طيف الإمتصاص للغلاف الشمسى الأعلى المكونات

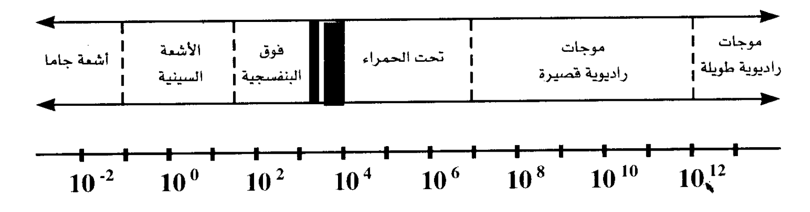
الخارجية، **والكروموسفير** هى المنطقة الملونة الإنتقالية تمتد لحوالى ١٠٠٠٠ كيلو متر من الفوتوسفير الباردة نسبياً إلى الإكليل الشمسى الساخن نسبياً، ولهذا الإكليل درجة حرارة تبدأ من ٢٠٠٠٠ درجة مطلقة وتزداد مع المسافة إلى الخارج حوالى ١٠٠ مرة قدر هذه الدرجة.

وتمتد منطقة الإكليل من الكروموسفير فى عمق الفضاء لتندمج مع وسط ما بين النجوم. وبسبب الحرارة العالية؛ فإن جزيئات هذا الغلاف الخارجى للشمس تتكسر تماماً (تتأين) إلى إلكترونات وذرات مشحونة منزوعة الإلكترونات (أيونات).

(الشمس النشطة ، البقع الشمسية، والمجالات، والثقوب الإكليلية)

يكون التعرف على التغيرات النشطة التى تحدث على سطح الشمس أكثر سهولة عندما يقاس عند أطوال موجية ذات إشعاع قوى نسبياً، وتقدر الأطوال الموجية للضوء بالأنجستروم، وتفضل وحدة نانومتر فى النظام الدولى، حيث أن وحدة نانومتر تساوى عُشر أنجستروم. والخطوط التى أختيرت فى الأرصاد الشمسية من الهيدروجين هى خط ليمان ألفا (١٢١٦ أنجستروم)، والخط H ألفا (٦٥٦٣ أنجستروم)، أما للكالسيوم فيختار الخطين المؤينين (٣٩٣٤ أنجستروم، ٣٩٦٨ أنجستروم) والخط (٨٥٤٢ أنجستروم)، ويختار للحديد الخطوط النووية بالقرب من (٢, ٥٢٥٠ أنجستروم). وإشعاع الأشعة السينية من الشمس تكتشف بالأطوال الموجية فيما بين (٥و،٨و أنجستروم)، وأيضاً يمكن تتبع حزمة عريضة من الإنبعاث الموجى الراديوى، بترددات فيما بين ١٠و٣٠٠٠٠ ميجا هيرتز، من الشمس.

وينير كوكبنا الأرضى، والفراغ حوله الإشعاع الإلكترومغناطيسى المنبعث من الشمس، ويشمل الموجات قصيرة الطول الموجى والأشعة السينية عالية الطاقة، والطيف المرئى حتى الموجات كبيرة الطول الموجى(تحت الحمراء) (شكل ١١)، وبصفة عامة؛ كلما قصر الطول الموجى للاضطراب فى الطيف، يكبر استجابة الإشعاع الشمسى للنشاط الشمسى المتغير.

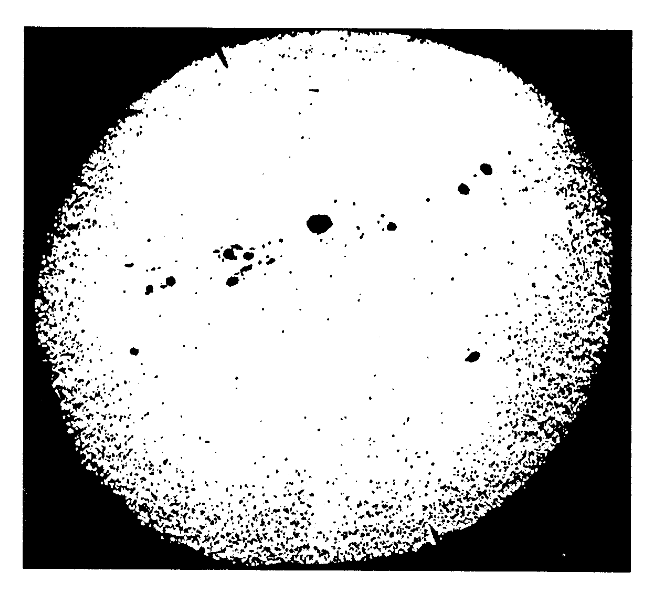


(شكل ١١) أسماء الأطوال الموجية للطيف الإلكترومغناطيسى.
المقياس بالأنجستروم لاحظ ضيق الحيز المرئى (حوالى ٤٠٠٠ إلى ٧٠٠٠ أنجستروم).

ويتغير تأين الغلاف الجوى الأرضى فى الطبقات العليا مع تغير الإشعاع الشمسى قوى العزم، بعد ٥٠٠ ثانية (٨,٣ دقائق)، وهو الوقت الذى يأخذه الضوء ليصل إلى الأرض من الشمس. هناك أيضاً تغيرات أكبر فى الأيونوسفير حول الأرض تحدث متأخرة - بعد الوقت اللازم لوصول الجسيمات والمجال الملازم لها من الشمس إلى غلاف الأرض المغناطيسى (الماجنيتوسفير). حيث تظهر آثار المغناطيسية الأرضية (من يوم إلى خمسة أيام) بالإضافة إلى الوقت اللازم للتفاعل فى هذا الغلاف المغناطيسى الأرضى.

(البقع الشمسية)

تبين صور سطح الشمس وجود بقعاً سوداء (شكل ١٢) بإنتظام وهى صغيرة الحجم نسبياً، وذات حرارة ٤٦٠٠ درجة مطلقة، أى أبرد من الفوتوسفير، ولذلك تظهر معتمة، ولها شكل بيضاوى، وغالباً تحدث فى مجموعات، ويستعمل **رقم البقع الشمسية (R)** فى إقتفاء نشاط البقع الشمسية، ويأخذ (R) فى الحسبان العدد الكلى للبقع المفردة، وعدد المجموعات، ومعامل تصحيح. ووحدة (R) تساوى تقريباً مساحة ٦×١٠^-٨ من مساحة نصف قرص الشمس المرئى، ومتوسط أقصى قيمة R تقترب من ١٠٨ بينما متوسط أدنى قيمة حوالى ٥، ولا يتساوى R دائماً فى نصفى قرص الشمس الشمالى والجنوبى، حيث يوجد فترات تمتد لعدة سنوات يكون نشاط أحد النصفين أكبر من الآخر.

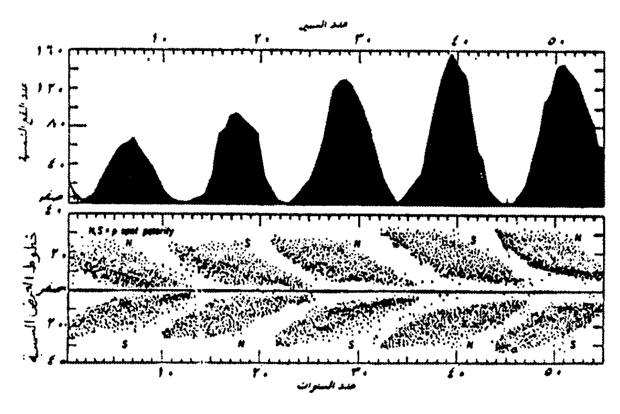


(شكل ١٢) صورة للشمس تم تصويرها فى ٣٠ نوفمبر ١٩٢٩. (مرصد مونت ولسن)

وتبلغ البقع الكبيرة طويلة العمر أقصى حجمها بسرعة فى حوالى عشرة أيام، غالباً يصل قطرها ٣٧٠٠٠ كيلو متر. ثم تضمحل ببطء خلال ٥٠ يوماً أو أكثر، وقد تستمر (التى بلغت أقصى تطور) لأكثر من ٢٧٠ يوم أى قدر عشرة أمثال دورة الشمس التى تتمها فى ٢٧ يوماً. وتنمو مجالات مغناطيسية مفردة القطب فى تلازم مع مساحة البقعة الشمسية؛ وقد تصل هذه المجالات فى البقع الكبيرة إلى ٤×١٠^٨ نانوتسلا. وتتكون مجموعة البقع غالباً من بقعتين إحداهما تسمى: الرائدة والأخرى تسمى التالية، لكل منهما مجال مختلف النوعية عن الآخر. ولمعظم البقع الرائدة نفس نوعية المجال فى أحد نصفى قرص الفوتوسفير مختلفة عن نوعية المجال فى النصف الآخر لدورة نشاط البقع الشمسية الواحدة. وتتعكس نوعية المجال فى دورات النشاط المتعاقبة. وكلا مناطق البقع الشمسية، والمناطق الخالية من النشاط، تكون غالبا فى مناطق ضيقة محصورة بين خطوط طول متقاربة، وتختلف هذه المناطق فى نصفى الفوتوسفير، وقد تكون الإزاحة ١٨٠ درجة، وتبدأ أول بقعة فى بداية دورة نشاط حوالى خط العرض الشمسى (± ٣٥، ± ٤٠) درجة؛ وآخر بقعة فى الدورة عند حوالى خط عرض ٨ درجة (شكل ١٣)، وفى الدورات عالية النشاط قد تنجذب تلك الأرقام ناحية قطبى الشمس.

وتوضح البقع طويلة البقاء أن سطح الشمس يدور حول محورها، وتُظهر أن الشمس تدور عكس عقارب الساعة إذا ما نظرنا إليها من أعلى قطبها الشمالى؛ مثل مدار الأرض حول الشمس ومدار القمر حول الأرض. وعلى عكس ما يحدث فى الجسم الصلب؛ فإن زمن دوران أجزاء سطح الشمس -عندما يرصد من الأرض- يختلف باختلاف خطوط عرض الشمس؛ فتتراوح السرعات من ٢٤,٥ يوم عند خط استوائها إلى ٢٧,٢ يوماً عند خط عرض ٢٠ درجة، ٢٨,١ يوماً عند خط عرض ٣٠°، و٣٦ يوماً تقريباً

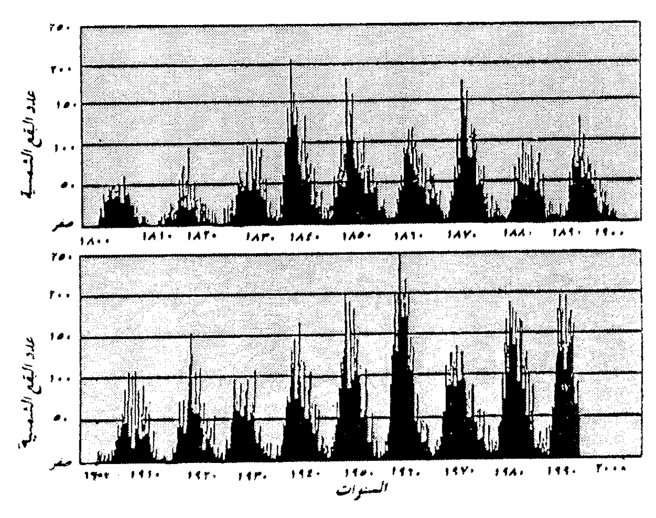
بالقرب من قطبها. وبالنسبة لتأثير النشاط الشمسى على الأرض، فعادة نفترض الرقم ٢٧ يوماً كفترة الدورة الأساسية. ولأغراض التسمية، فقد أطلق على ٢٧,٢٧٥٣ يوماً برقم **دورة كارنجتن**، تبدأ من ٩ نوفمبر ١٨٥٣ وهو بداية دراسات كارنجتن، أى أن هناك ١٣,٣٩١ دورة فى السنة تقريباً، وعليه فإن رقم دورة كارنجتن يصل إلى ١٩١٥ فى سنة ١٩٩٦. ويقال أن الدورة تبدأ من خط الزوال المركزى للشمس كما يرى من الأرض؛ وتعين المواقع بخطوط طول كارنجتن، وتقاس فى إتجاه الغرب من الزوال المركزى.



(شكل ١٣) مثل للتغير فى عدد البقع الشمسية (أعلى)، ومواقعها (أسفل) لخمس دورات شمسية S.N. تشير إلى نوعية قطب البقع الرائدة وتعاقب إتجاه المجال الشمسى.

هناك دورات أخرى للبقع الشمسية، فهناك شواهد خفيفة لوجود تواتر تغيرات كل ٢٥ -٢٦ شهراً، ويبين (شكل١٣) مخطط الفراشة موضحاً مواقع البقع الشمسية لعدة سنوات. ونلاحظ عند متوسط أدنى نشاط للرقم R أن البقع تتراكب فى دورتين متتابعتين، وأن متوسط إكتناف دورتين حوالى ٩، ٢ سنة، وأن متوسط بقاء عائلة واحدة من البقع الشمسية حوالى

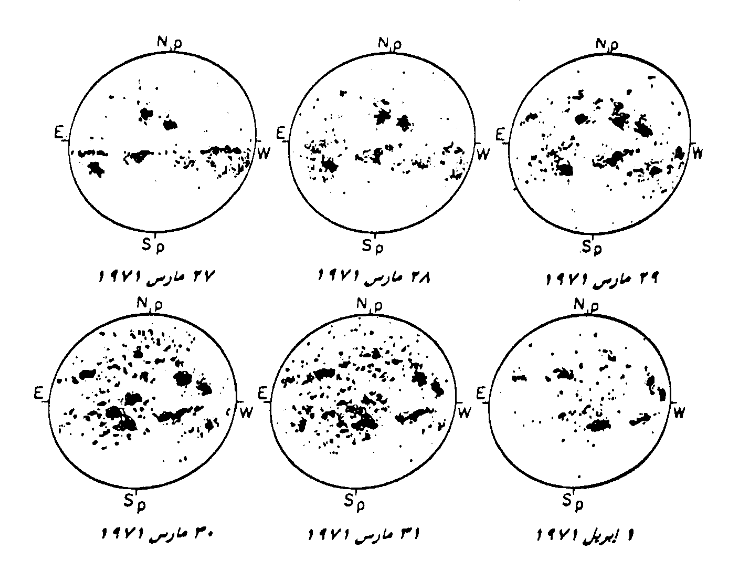
٦، ١٣ سنة، وعلى ذلك فإن بقاء دورة واحدة هو ٧، ١٠ سنة وتسمى هذه المدة «**دورة الإحدى عشر سنة الشمسية**». ويعنى تبادل وتغيير قطب المجال لكل دورتين متتابعتين وجود دورة أساسية كل ٢٢ سنة. كما تبين من متابعة وإستعراض النهايات العظمى والصغرى لأرقام البقع الشمسية (شكل١٤) وجود دورات كبرى تبلغ ٨٠ -٩٠سنة. وتتحرك مناطق النشاط بصفة عامة إلى ناحية الأقطاب الشمسية بالنسبة للدورات الأكثر نشاطاً. وهناك فترة من حوالى عام ١٦٤٥ إلى عام ١٧١٥ وتسمى «**نهاية موندر الصغرى**» حيث إختفت البقع الشمسية وكذلك النشاط الشمسى تقريباً. وقد تميزت هذه الفترة بزيادة واضحة فى نسبة (الكربون١٤) إلى (الكربون ١٢) المرتبطة بالتغير فى الأشعة الكونية. وقد أعطيت كل دورة نشاط شمسى رقما إبتداء من النهاية العظمى للبقع الشمسية عام ١٧٦٠. وعندما بدأ هذا الترقيم كان هذا العام أوضح الدورات التى تلت فترة نهاية موندر الصغرى. وعلى هذا الترقيم فإن الدورة ٢٣ دخلت بداية زيادتها فى عام ١٩٩٦.



(شكل ١٤) عدد البقع الشمسية من عام ١٨٠٠ حتى ١٩٩٣. (NGDC/NOAA)

(المجالات الشمسية)

فى المجـالات المغناطيسـيـة القـوية، تنتـقل خطوط طيف الحـديد حـول ٥٢٥٠,٢ انجسـتـروم بمقـدار ١٠-٥ انجسـتـروم لكل جـاوس. ودراسـة هذه الظاهـرة تبـين مناطق النشـاط، وتواظب كـثـرة بـروز أشكال المجـالات غـيـر المنتظمـة علـى تغيـرات واضحـة من يوم إلى آخـر فى المدى والنشـاط. ويبـدو أن هذه المجـالات تدور، بما تـخـتص بهـا مـن أشكال، عـبـر سـطح الشـمـس (شكل١٥). وقـد وضـعـت تقنيـات خـاصـة لتـمـيـيـز خلفـيـة مناطق المجـال، المحسـوبة لكل دورة كارنجتن. وتبـين هـذه النسـخ والنمـاذج تبـادل نوعـيـة إتجـاه المجـال (موجب) للخـارج و(سـالب) للداخـل.



(شكل ١٥) المجالات الشمسية مقاسة بماجنيتومتر مرصد ويلسن مستخدماً تأثير زيمان على الطيف. SP,NP توضع القطب الشمالى والقطب الجنوبى. الشرق (E) والغرب (W) على الشمس تضاهى إتجاهات الأرض بالنسبة لراصد عليها.
الخطوط المتصلة فى إتجاه الأرض - الخطوط المتقطعة بعيدا عن الأرض

(الثقوب الإكليلية)

عادة تكون مناطق الشمس ذات قطب مغناطيسى معين، ويوجد بالقرب منها مناطق ذات النوعية المخالفة للمجال. وعلى كل ففى بعض المناسبات تظهر مناطق كبيرة ذات نوعية مجال واحدة. وقد اتضح أن هذه المناطق وحيدة الإستقطاب توافق المساحات الإكليلية قليلة الكثافة التى تظهر كمنطقة معتمة كبيرة فى الصور الشمسية، موضحة انبعاث موجات أكبر طولا (ناعمة) من الأشعة السينية (شكل١٦).



(شكل ١٦) صورة لإشعاع الأشعة السينية من الشمس أخذت بمركبة الفضاء سكاى لاب. حددت الثقوب الإكليلية بالخطوط المتصلة والمتقطعةو تمتد من منطقة القطب إلى الإستواء، ووجدت أنها تمتد فى وسط منطقة مغناطيسية وحيدة القطب موجية (إدى ١٩٧٩).

وتمتد خطوط المجال من هذه **الثقوب الأكليلية**، (وهى تقع عادة عند خطوط العرض الكبيرة)، إلى مسافات بعيدة جداً عن الشمس إلى الوسط السيارى (مابين الكواكب)، ومواقع هذه الثقوب غير متماثلة حول محور دوران الشمس، وقد تستمر الثقوب القريبة من القطب لعدة سنوات فى بعض الأحيان؛ أما الثقوب ذات المواقع القريبة من الإستواء قد تستمر لحوالى ١٨ دورة شمسية. ويعتقد الآن أن هذه الثقوب الإكليلية، ذات خطوط المجال المفتوحة، تزود مسلكاً ضخماً لإنسياب رياح شمسية مستمرة، وإحداث الإضطرابات الشمس - أرضية الجارية. فى الدراسات المبكرة للعواصف المغناطيسية التى تتكرر كل ٢٧ يوماً كانت تعزى إلى المناطق M الشمسية الغامضة؛ وهذه تعرف الآن بأنها الثقوب الأكليلية. ويُسبب تعدد الثقوب الإكليلية تيارات دوارة من الجسيمات فى الرياح الشمسية. تظهر الموجات المغناطيسية فى الإنسياب من الإكليل القطبى وتسبب تغيراً مستمراً فى إتجاه المجال المغناطيسى. وحدوث الثقوب الإكليلية يتبع الدورة الشمسية، ولكنهما أكثر ما يكونا فى السنة أو السنتين التى تلى النهاية العظمى للبقع الشمسية.

(البلاجات، والنتوءات، والفتائل، والشعلات الشمسية)

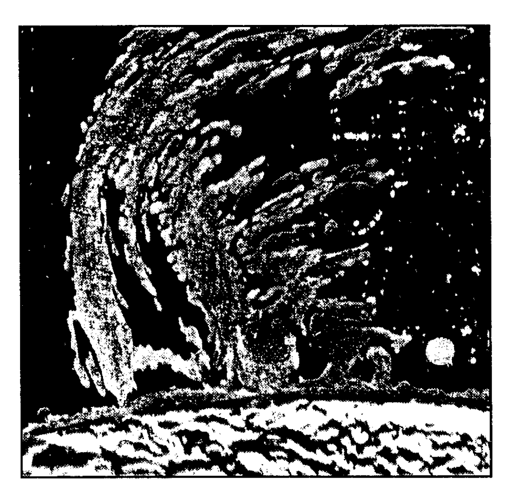
البلاجات الشمسية

هناك عدد من الظواهر العارضة متلازمة مع النشاط الشمسى التى تتبع دورة البقع الشمسية فى شدتها وعند حدوثها. والبلاجات الشمسية هى الأكثر شيوعا، وهى مساحات صغيرة ولكنها لامعة نسبيا كما ترى على قرص الشمس. وكلمة بلاج هى كلمة فرنسية تعنى منطقة الشاطىء. والبلاجات الشمسية ترصد بإستعمال مرشحات ملونة مختارة للهيدروجين والكالسيوم، ويسبق تكون البلاج تزايد مجال مغناطيسى، وفى مساحة البلاجات المتطورة يبقى هذا المجال أعلى من القيم المحيطة بها، ويمكن إقتفاء أثر بعض الموجات الإشعاعية إلى هذه المناطق، وتوضح صور الأشعة السينية لسطح الشمس إشعاعات ذات أطوال موجية من ٢٠ إلى ٦٠ انجستروم يبدو أنها آتية من المساحات الإكليلية التى تعلو البلاجات. وتتخذ مساحة البلاج وموقعه كمؤشرات للنشاط الشمسى، وغالباً تبدأ البقع الشمسية نموها فى مناطق البلاجات .

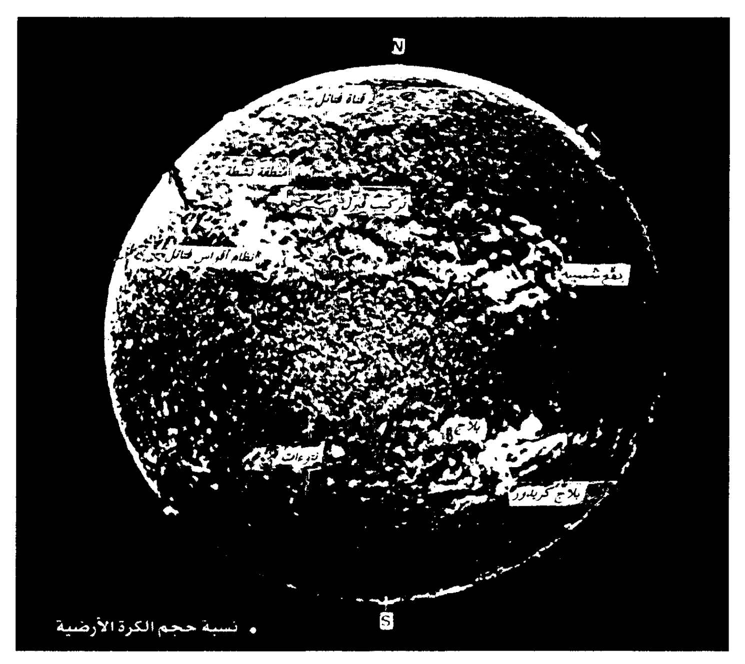
(النتوءات والفتائل الشمسية)

على حافة الشمس تعلو تكوينات ملونة من غازات متألقة كأقواس، وتمتد إلى المناطق الإكليلية (شكل ١٧ ، ١٨). وتسمى هذه النتوءات الشمسية (ألسنة اللهب) وتظهر هذه النتوءات على قرص الشمس كشرائط طويلة

داكنة تسمى الفتائل. وتولد الفتائل فى المناطق الشمسية المسبّقة بجوار البقع الشمسية. ويتغير أشكال بعض الفتائل ببطىء وتبقى لعدة أيام وقد تمتد لعدة أشهر، بينما يبدى البعض الآخر تغيرا كبيرا خلال عدة ساعات أو أقل، وتبدأ النتوءات كقوس، غالبا يكون متقطعا فى الأسبوع الأول. ويمكن أن تطول حتى ٢٠٠٠٠٠ كيلومتر، وأن تمتد إلى إرتفاع قدره ٤٠٠٠٠ كيلو متر فوق قرص الشمس. وقد تنشط فجأة بعض النتوءات الهادئة، وتصبح ذات طاقة كافية تزيد من سرعتها عن السرعة ٦١٨ كيلومتر فى الثانية اللازمة كى تتحرر من مجال جاذبية الشمس- أما الغالبية تدوم لأكثر من شهرين أو ثلاثة شهور. ويشاهد العديد من النتوءات الشمسية عبر الخط الذى يفصل مناطق البلاجات الشمسية ذات الاستقطاب المغناطيسى المعاكس.



(شكل ١٧) مظهر نتوءات وفتائل شمسية مقارنة بحجم الأرض (الدائرة الصغيرة).



(شكل ١٨) صورة للشمس توضح مناطق إشعاع هيدروچين ألفا فى ٣١ يوليو ١٩٨٨ بواسطة التلسكوب الفلكى فى بولدر ، كلورادو (NOAA)

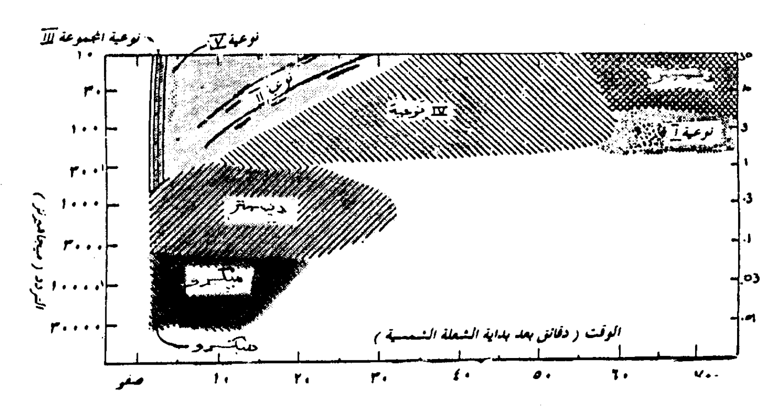
الشعلات الشمسية

لقد كان الإكتشاف المبكر لصلة النشاط الشمسى بالإضطرابات المغناطيسية الأرضية عام ١٨٥٩، عندما رصد كارنجتون إحدى الشعلات الشمسية، والتى تلتها بحوالى يوم عاصفة مغناطيسية شديدة. وتعرف الشعلة الشمسية الآن كلمعان مرحلى لمنطقة صغيرة من قرص الشمس، ويرصد بالخط الإشعاعى $H\alpha$. والشعلة النموذجية تبدأ كبقعة لامعة بالقرب من البقع الشمسية التى تصبح ذات مجال مغناطيسى متزايد ومعقد خلال مرحلة نموها فى الأسبوع أو الأسبوعين الأولين من تكوينها.

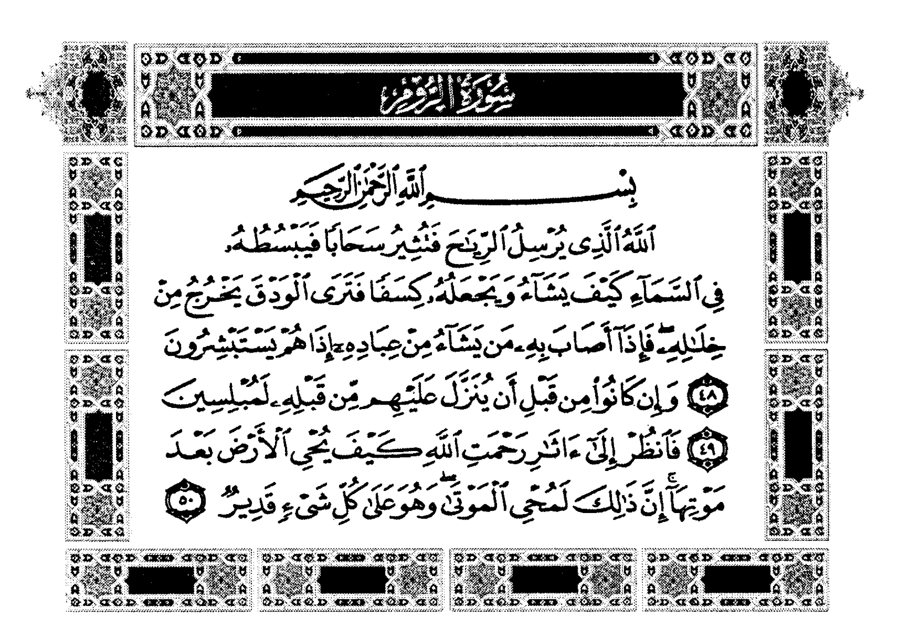
والشعلات غالباً يتكرر حدوثها فى نفس المناطق. وفى وقت النشاط العالى تحدث الشعلات بمعدل واحدة كل ساعتين. وعادة تظهر الشعلة زيادة انبعاث فجائية هائلة فى الهيدروجين ألفا وكذلك فى الكالسيوم فى الدقائق الأولى، ويلى اللمعان زيادة فى المساحة؛ وقد تصل مساحة شعلة كبيرة إلى أكثر من ١٠ آلاف مليون كيلومتر مربع. ودائماً تضمحل الشعلة ببطأ، فالشعلة الكبيرة قد تدوم ساعتين إلى ثلاث ساعات. ويحدث مع معظم الشعلات النشطة إنفجارات موجات قصيرة، وحزم موجات راديوية عريضة، وإنبعاث أشعة فوق بنفسجية، وأشعة سينية، وإنبعاث جسيمات. وبالرغم من قياس فيض إلكترونات وبروتونات، فقد لوحظ وجود جزيئات ألفا ، وأنوية أثقل، ويقذف إلى الفضاء من ٣٠ كيلو إلكترون فولت إلى ١٠ مليون إلكترون فولت إلكترون(إلكترون فولت يمثل إكتساب فى طاقة إلكترون عندما يتحرك خلال مجال كهربى تنتج من فرق جهد كهربى مقداره فولت واحد). وعلى الأخص - فى مناسبات نادرة - تتيح المناطق النشطة شعلات كبيرة حيث يلاحظ، خاصة، فيض بروتونات عال يقدر بالمليون الكترون فولت إلى جيجا الكترون فولت، وقد قدرت أحداث هذه البروتونات الشمسية بمستوى طاقتها ومدة بقائها فى هذا المستوى.

ويصنف راصدو النشاط الشمسى معظم الشعلات الشمسية بمساحاتها وما تعطيه من الأشعة السينية. بالنسبة للمساحات فتقدر بالدرجات المربعة (والدرجة المربعة تمثل مساحة داخل محيط الأرض)، وتصنف الشعلات طبقاً لأهميتها حيث يعطى صفر إلى الشعلات ذات درجتين مربعتين، وتعطى ٤ لذات المساحات أكبر من ٢٤,٧ درجة مربعة. وأما مراتب أقدار شدة قمة الإنفجارات، وات لكل متر مربع لإنبعاث حزمة لأشعة سينية طولها الموجى من واحد إلى ثمانية إنجستروم، وتُفصّل تصنيف الشعلات (تصاعديا) إلى D ثم E ثم M ثم X؛ مع رقم ملحق يبين المستوى ضمن مرتبة القدر. وكمقياس للمعان تعطى الحروف F ثم N ثم B لتميز الشعلة الخافتة، والعادية، واللامعة على الترتيب.

وتميز إنفجارات الموجات الراديوية من ١٠ ميجا هيرتز إلى ٣٠٠٠٠ميجا هيرتز الناتجة من الشعلات نوعيات من (I) إلى (V) تتوقف على علامات شدة أطيافها عندما ترسم على منحنى الوقت مع التردد (شكل ١٩)، ونوعية إنفجارات الموجات الراديوية (II) الخاصة بأكثر الشعلات أهمية، ترتبط بموجات صدمات الغلاف الشمسى. وتردد الإنبعاث، فى أى وقت فى الحدث ، يساوى تقريبا ٩ مرات للجذر التربيعى لكثافة بلازما الإلكترونات عند إرتفاع الصدمة فى الغلاف الشمسى. وبالمقارنة مع نموذج الغلاف الشمسى فإن السرعة القطرية للإنفجار الممتد يمكن أن تحسب من إنحراف فى تردد نوعية الإنفجار (II). وسرعة الصدمة هذه (حوالى ١٠٠٠ كيلو متر فى الثانية) تستخدم فى تقدير الزمن اللازم لوصول الإضطرابات الشمس أرضية إلى الأرض. وتستمر نوعية الإنبعاث لعدة ساعات وتصاحب بعض أحداث الشعلات العظمى. وإنبعاث الموجات الراديوية عند ١٠,٧ سنتيمتر. بالقرب من ٢,٨ جيجاهيرتز) تدون روتينيا فى بعض المراصد، وعلاقتها الوثيقة بالبقع الشمسية تزودنا بمقياس مستمر للنشاط الشمسى. ومستوى المتوسط الشهرى لهذه الإنبعاثات يسمى فيض العشرة سنتيمترات.



(شكل ١٩) شكل يوضح (التردد - الزمن) مع أسماء طيف أنواع الإشعاع الإلكترومغناطيسى الملازم مع الشعلات الشمسية (NOAA)



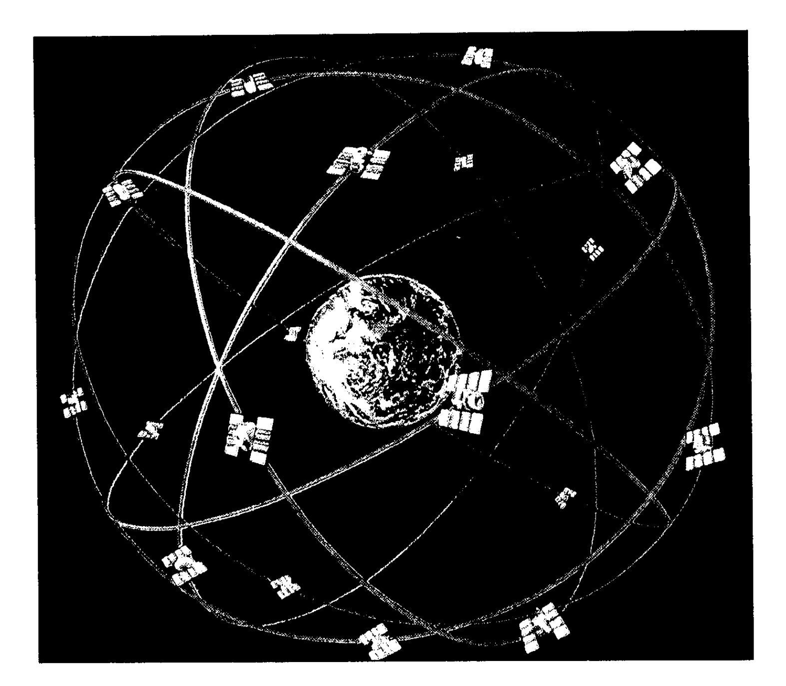
سورة الروم (الآية ٤٨-٥٠)

(الكرة الأرضية وغلافها الجوى. والأيونوسفير)

ساعد تطور مركبات الفضاء فى مساراتها على زيادة مقدرة العلماء على دراسة وكشف الإشعاعات فى طبقات الجو وسطح الكرة الأرضية. وقد استعملت أجهزة الفضاء لقياس الإشعاع المنطلق من الأرض وغلافها الجوى (الموجات الميكروية تحت الحمراء) ومثل الإشعاع المنعكس من الشمس (فوق البنفسجى، والمرئى، وتحت الحمراء).

وتجرى الأبحاث بالتعاون بين الدول للحصول على بيانات الغلاف الجوى والجيوفيزياء السطحية من الفضاء؛ بإستخدام تقنيات الموجات تحت الحمراء والشديدة القصر، وإستخدام القياسات فى أبحاث الغلاف الجوى وعلوم البحار والمناخ، للإستفادة من برامج وكالة الفضاء الأوروبية للعام ١٩٨٠ وكذلك من الفرص التى تتيحها وكالة الفضاء الأمريكية الحالية (NASA).

ويمكن تصنيف أرصاد الأقمار الصناعية إلى نوعين من المدارات: الأول يطلق عليه المدارات القطبية وهى الأقمار ذات المدارات المنخفضة نسبيا على إرتفاع من ٣٠٠ إلى ١٠٠٠ كيلومتر، ومداراتها تقريبا دائرية (شكل٢٠)، وتسمح بعمل قياسات حول الكرة الأرضية بكاملها. والنوع الثانى، ويطلق عليها الأقمار الثابتة تدور على إرتفاع حوالى ٣٦٠٠٠ كيلو متر. فوق خط الإستواء، وتزودنا ببيانات تغطى نصف الكرة الأرضية بقياس زمنى دقيق (كل نص ساعة) تتيح تتبع الملامح المناخية العابرة، مثل عواصف الهوريكان، والأقل منها حدة لدراستها.



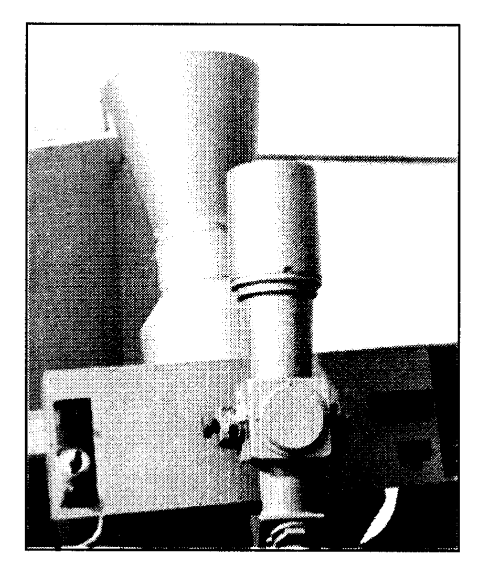
(شكل ٢٠) كوكبة أقمار لتعيين المواقع (نظم G.P.S)

وعلاوة على ذلك ، فقد أعطت الصور المأخوذة من الفضاء سواء بالموجات المرئية وكذلك بالموجات تحت الحمراء؛ رؤية جديدة فى عمق العمليات التى تتم على سطح الأرض. وفى الغلاف الجوى. فقد أعطت قياسات الموجات تحت الحمراء أدلة عن درجات حرارة السحب وملامح أخرى مميزة فى صور الموجات المرئية (شكل ٢١). ولقد أتاحت مجموعة الدراسات معلومات جديدة عن التركيب الحرارى، وبذلك تم الكشف عن ديناميكية ونشاط الغلاف الجوى رغم ضآلة تركيزها .

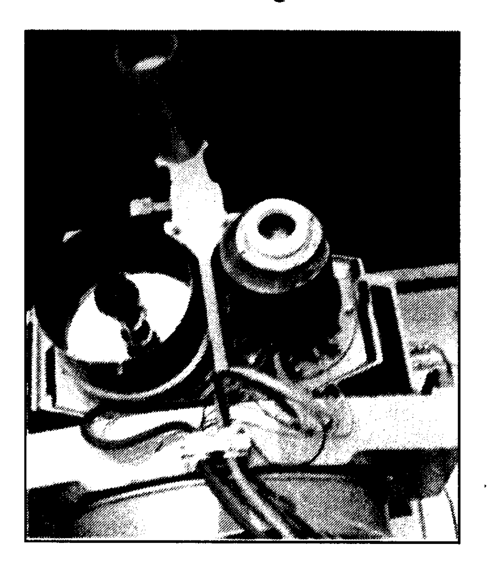


(شكل ٢١) مجموعة صور ميتيوسات بالأشعة تحت الحمراء مسجلة لغرب أوروبا.

ويشارك المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية بحلوان فى تتبع هذه الأقمار منذ بداية إطلاقها باستخدام أحدث الكاميرات، (شكل ٢٢).



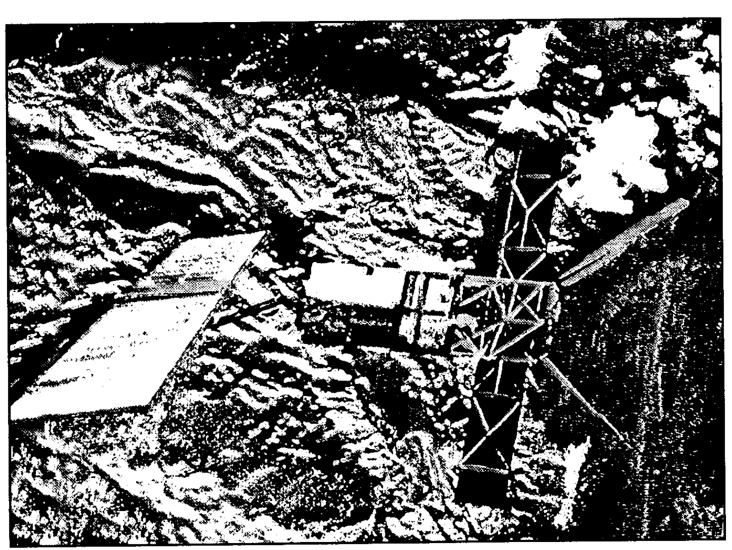
الكاميرا أفو لتتبع الأقمار الصناعية بحلوان



(شكل ٢٢) محطة تتبع الأقمار الصناعية بإستخدام أشعة الليزر

ويجرى الان كما سيجرى مستقبلا العمل فى الدراسات عن بعد ببيانات من الفضاء من أقمار صناعية كبيرة، أحدها القمر يوراس لناسا والقمر إرس لإيسا. ويجمع يوراس المعلومات عن طبقة الستراتوسفير وطبقة الميزوسفير بغرض تحديد الحالة الكيميائية والديناميكية لطبقات الجو العليا ومدى إستقرارها عندما تتعرض لتأثيرات مضطربة مثل التلوث بفعل الإنسان. وستحمل مركبة الفضاء إيراس (شكل ٢٣) أجهزة ملائمة لدارسى المحيطات والتلوث والمناخ.

والكرة الأرضية جسم متحرك يدور حول الشمس. ذات تاريخ طويل ومعقد، وعلى سطحها كميات هائلة من المياه، تتراوح حرارتها بين درجتى التجمد والغليان. ويحيطها غلاف جوى كثيف غنى بالأوكسجين ، وهيأها الله وزودها بما يلزم إقامة حياة وافرة فوق سطحها. ورغم أن وجهها يبدو لمن يراها من الفضاء الخارجى ذا لون أبيض يميل إلى الزرقة، مما يعنى برودتها، فإن ذلك يخفى باطنها المتقد ناراً.



(شكل ٢٣) أول قمر تطلقه وكالة الفضاء الأوروبية للإستشعار عن بعد (إرس -١)

وتعتبر هذه المعلومات فى غاية الأهمية، نظرا للأهمية الحديثة فى مدى ثبات طبقة الأوزون، وأثر التلوث الصادر عن الإنسان مثل الفريون الناتج من رش أنابيب الأيروسول، أو بخار الماء من الطائرات فى المسارات العالية. وقد أصبح من الواضح حديثاً أن التفاعلات الكيمائية التى تجرى فى طبقات الجو العليا معقدة جداً، وأن القياسات الفضائية لازمة كخطوات أساسية وحيوية نحو فهم أدق لهذه التفاعلات. وقد أطلق القمر دينامك إكسبلورر عام ١٩٨١ وتم قياس الرياح على إرتفاع أكبر من ١٠٠ كيلومتر. كما أطلقت وكالة الفضاء الأوروبية أيسا القمر إيساميتيوسات الذى زودنا بصور بالموجات المرئية والموجات تحت الحمراء من المدار الثابت (أمثلة صور شكل ٢١) وأيضاً أطلقت مجموعة أقمار الولايات المتحدة - تيروس نوا المناخية من نوع المدارات القطبية . وتحمل هذه الأقمار الأجهزة التى تزودنا بالصور الفضائية المناخية التى نشاهدها فى النشرات الجوية التليفزيونية. بالإضافة إلى ذلك فإن بيانات هذه الأقمار تستخدم فى دراسة فيزياء الغلاف الجوى وعلوم المناخ وعلوم البحار.

وتبدو لنا الكرة الأرضية كبيرة، فقطرها القطبى يبلغ ١٢٧٥٦ كيلو متر ومحيطها يصل إلى ٤٠٠٠٠ كيلومتر، وهذه أطوال هائلة حسب ما تعودنا عليه من مسافات، ولكن إذا قورنت بحجم الكون وأبعاده فإن الكرة الأرضية بل والمجموعة الشمسية كلها تبدو صغيرة صغراً لا نهائياً.

والمجموعة الشمسية تتكون من الكواكب، والأقمار والكويكبات، والمذنبات ، والنيازك، والتراب الكونى، والغاز بالإضافة إلى نجمة مركزية هى الشمس؛ وتدور حولها كل هذه المجموعة (شكل ٢٤) وهناك شواهد أن

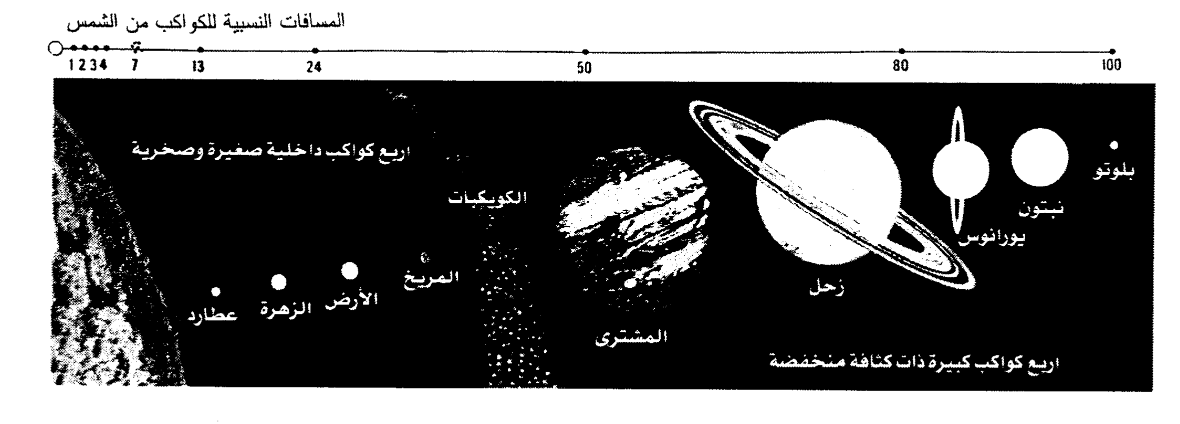
المجموعة الشمسية كلها تكونت جملة واحدة وأن أعمار أجزائها متماثلة حوالى ٤٦٠٠ مليون سنة.

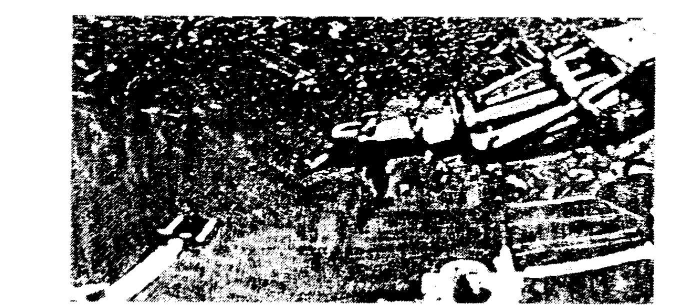
ونظراً لكبر الأبعاد الفلكية فقد إستبدلت وحدة المسافات القصيرة نسبياً وهى الكيلومتر بوحدة السنة الضوئية التى تساوى المسافة التى يقطعها الضوء فى سنة كاملة، بسرعته المعروفة ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر فى الثانية. أى أن السنة الضوئية الواحدة حوالى ١٠ مليون مليون كيلومتر.

وبهذه الوحدات فإن الأرض تبعد عن الشمس بمقدار ٨ دقيقة ضوئية، والقمر يبعد عن الأرض مسافة ١,٢٥ ثانية ضوئية، ومتوسط قطر المجموعة الشمسية إحدى عشر ساعة ضوئية. ويتضح لنا ضآلة هذه المسافات إذا عرفنا أن أقرب نجم - الفاقنطورس - وهو واحد من مائة ألف مليون نجم تكون مجرتنا يبعد عنا بأربعة سنوات ضوئية، فى حين أن المسافة بين القاهرة ونيويورك مثلا ٠٢٥ر ثانية ضوئية.

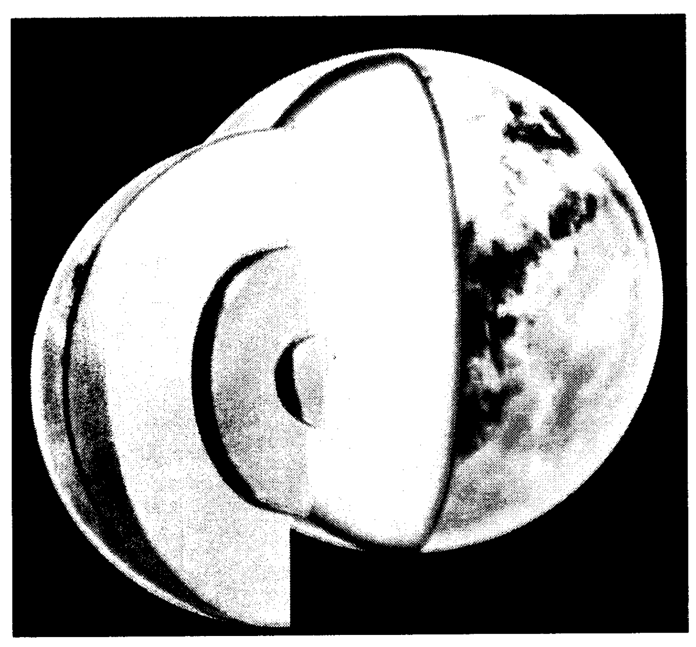
وكثافة الكرة الأرضية فى المتوسط ٥,٥ جرام/ سنتيمتر مكعب، وتتكون من طبقات متتالية (شكل ٢٥) أعلاها القشرة الأرضية، يليها إلى أسفل المعطف، ثم القلب.

والقشرة الأرضية طبقة رقيقة نسبياً من صخور أقل كثافة من المعطف الذى يليها، وتزداد سرعة الموجات الزلزالية بمقدار ١٥٪ عندما تعبر القشرة إلى المعطف، والسطح الفاصل بينهما يسمى فاصل موهورفيتش. ويوجد نوعان من القشرة الأرضية، قارية ومحيطية. وبالمقارنة مع القشرة المحيطية فإن القارية أخف فى الوزن متوسط كثافتها ٢,٧جرام/ سنتيمتر





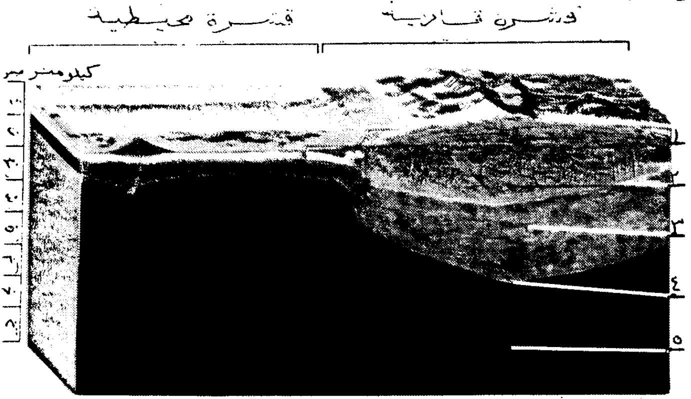
(شكل ٢٤) (أعلى) المكونات الأساسية للمجموعة الشمسية. (أسفل) سطح المريخ كما شوهد من فيكنج لاندر الأول، يوليو ١٩٧٦.



(شكل ٢٥) باطن الأرض:
أ - القشرة - جرانيت (قارات) ٢٥كم
ب- المعطف - بيريدوتيت ومكونات أكثر كثافة ٢٩٠٠كم
جـ - القلب الخارجى - حديد سائل ٢٠٠٠كم
د- القلب الداخلى - حديد صلب ١٣٧٠ ك

مكعب؛ بينما المحيطية ٣,٠ جرام/سنتيمتر مكعب أعلى المعطف؛ ولكنها ذات سمك أكبر حيث تصل ٣٥ - ٤٠كيلو متر، ٦٠ -٧٠ كيلو متر أسفل سلاسل الجبال العالية، فى حين أن سمك القشرة المحيطة حوالى ٦ كيلو متر فقط . والقشرة القارية أقدم عمراً حيث أن بعض أجزائها يصل عمرها إلى أكثر من ٣٥٠٠ مليون سنة أما القشرة المحيطية لا تتعدى ٢٠٠ مليون سنة (شكل ٢٦).

وتتكون القشرة الأرضية فى معظم الأماكن من طبقتين: السفلى أكبر كثافة، تعلوها طبقة أقل كثافة (شكل ٢٦) ويفصل بينهما ما يسمى بفاصل كونراد. والطبقة العليا المعروفة بأنها طبقة جرانيتية أو جرانيتية متحورة تتكون من ٩٢٪ صخور بركانية ومتحورة مثل الجرانيت والسيشت (حجر مصفح) والجنيس و ٨٪ صخور رسوبية مثل طين طفحى، وحجر رملى وحجر جيرى موجودة على الأخص فى التركيب القارى. أما الطبقة السفلى فهى أكثر غموضاً.

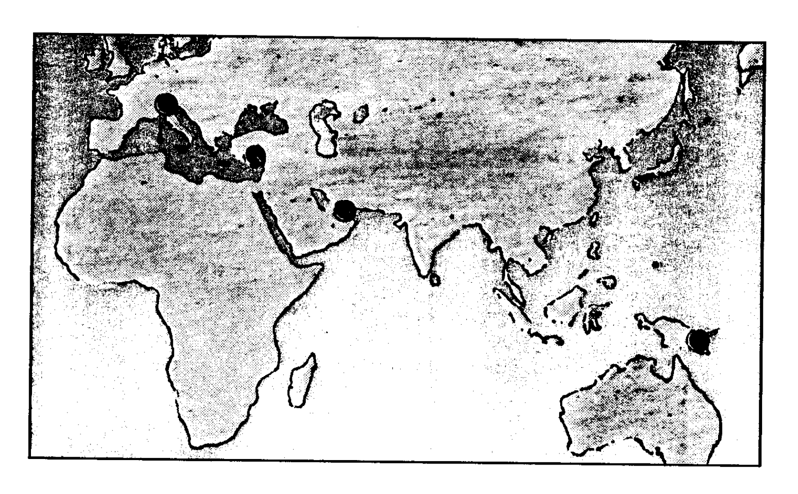


١ - قشرة محيطية ٢ - طبقة جرانيتية ٣ - طبقة بازلتية ٤ - فاصل ٥ - المعطف

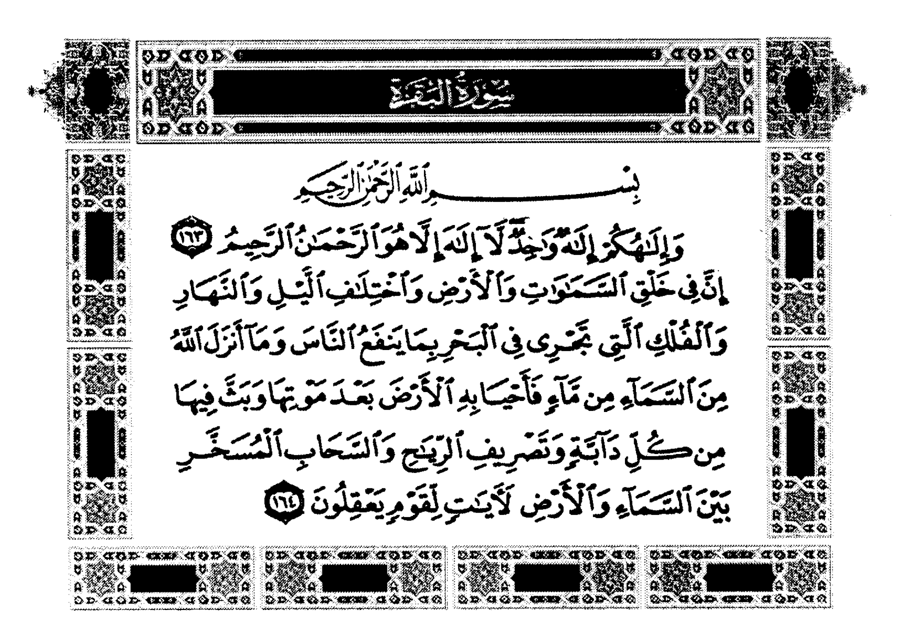
(شكل ٢٦) النوعين الأساسيين للقشرة

ويوجد على سطح الأرض أربعة أماكن (شكل ٢٧) يعتقد أن الصخر هناك هو نتوء من المعطف ظهر على السطح. وهذا الصخر داكن يتميز بثقله ويسمى بيريدوتيت أو بالزبرجد، ومن أنواع الأوليفين (تركيبه الكيميائى سيلكات الماغسيوم والحديد)، وبيروكسين، كما يحتمل أن من مكونات أعالى المعطف الدونيت (صخر أوليفين نقى)، وأكلوجيت؛ وهو تكوين كثيف من البازلت. وعلى أعماق أكبر تتحول هذه المواد إلى تكوينات أكبر كثافة وأخيراً فى أسفل المعطف ربما تنهار إلى أكاسيد بسيطة.

وقلب الأرض مادة كثيفة، ويحتمل أن تكون خليطاً من الحديد وكبريتيد الحديد، ويقسم العلماء قلب الأرض إلى القلب الخارجى، ويسلك كما لو كان سائلا، أما القلب الداخلى فهو صلب. ويتولد المجال المغناطيسى الأرضى نتيجة لتحركات دائرية فى القلب الخارجى السائل.



(شكل ٢٧) نتوءات مواد من المعطف



سورة البقرة

بسم الله الرحمن الرحيم

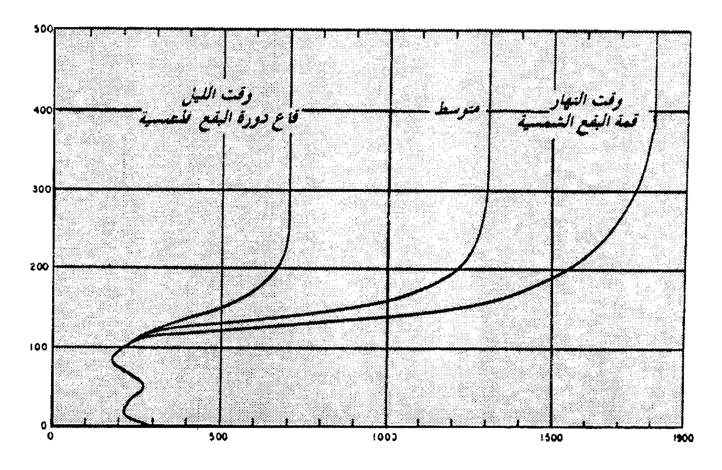
وإلهكم إله وحد لا إله إلا هو الرحمن الرحيم ﴿١٦٣﴾
إن في خلق السموت والأرض واختلف اليل والنهار
والفلك التي تجري في البحر بما ينفع الناس وما أنزل الله
من السماء من ماء فأحيا به الأرض بعد موتها وبث فيها
من كل دابة وتصريف الريح والسحاب المسخر
بين السماء والأرض لأيت لقوم يعقلون ﴿١٦٤﴾

سورة البقرة (الآية ١٦٣ - ١٦٤)

تركيب الغلاف الجوى فى الطبقات العليا

لقد درس علماء الأرصاد الجوية تركيب وتحرك الغلاف الجوى فى الطبقات القريبة من سطح الأرض بتفصيل دقيق. ولكن عند دراسات المستويات العليا تقل البيانات التى يمكن الحصول عليها. وعلى كل أمكن الحصول على بيانات، بفضل الأقمار الصناعية، متصلة بتركيب الغلاف الجوى حتى آخر حلقاته. وسوف نركز هنا على هذه الطبقات العليا، ونتغاضى عن منطقة إهتمام علماء الأرصاد الجوية.

وبناء على التركيب الحرارى(شكل ٢٨)، فإن الغلاف الجوى ينقسم إلى عدد من الطبقات. فالطبقة السفلى، وهى **تروبوسفير**، تمتد إلى إرتفاع حوالى ١٠ كيلو مترات عند القطبين وحوالى ١٦ كيلو متر فوق خط الإستواء. وهذه هى منطقة إهتمام علماء الأرصاد الجوية. ويطلق على الحد الأعلى للتروبوسفير **تروبوبوزا**؛ تعلوه منطقة **ستراتوسفير** التى يحدها



(شكل ٢٨) توزيع درجات الحرارة أثناء النهارعندقمة دورة البقع الشمسية، وأثناء الليل عند قاع دورة البقع الشمسية وأثناء متوسط الحالتين

من أعـلاها **سـتـراتو بوزا**. وهناك بعض اللبس فى تعـريف السـتـراتوبوزا، ولكننا نعتبره على إرتفاع ٥٠ كيلو متـر حيث تبلغ درجة الحرارة أقصاها. ويعلو السـتـراتوبوزا طبقـة **ميـزوسـفـيـر** تمتد حتى أدنى حـرارة بالقرب من إرتفاع٨٠ كيلومتـر. (غالبا يؤخذالميـزوسفيـر على أنه المنطقة العريضة ذات درجات الحـرارة العظمى أكثر مما يعتبـر فى نصفه الأعلى كما ذكر) ويحد الميزوسـفير **الميزوبوزا**، يعلوه **الثرموسفير** حيث تتزايد درجة الحرارة تزايدا سريعـا حتى إرتفاع ٢٠٠ كيلو متـر. ويقل معدل سـرعة إرتفاع درجة الحرارة بعد هـذه المسافة، وتبقى درجة إرتفاع الحـرارة فيمـا فوق ٤٠٠ كيلومـتـر. ويذكـر مـرارا فى المراجع العلميـة منطقـة أخرى تسـمى **إكسـوسـفـيـر** وهى الجزء الأعلى من طبقـة الثيـرموسفير وهى المنطقة التى يتخلخل فيها غاز الغلاف الجوى لدرجة تمكننا من إهمـال تصـادم جزيئاته المتعادلة. ويتـراوح إرتفـاع قـاع الإكسـوسـفـيـر بين ٣٥٠ إلى ٧٠٠ كيلو مـتـر تبـعـاً لدورة البـقع الشمسية.

ونظراً لأن الشـمس تسـخن الغـلاف الجـوى بطريقـة غيـر مطردة، فـإن الخواص الطبيعية للغلاف الجوى تتغاير فى الفضـاء والوقت. فقد يتغير الضـغط سـواء على المسـتوى الأفـقى والمسـتوى الرأسـى مما يسـبب مـيل الغلاف أن يتحرك أفقياً حتى يتوازن الضغط. ويسبب دوران الأرض وجود قوى مسئولة عن إنحراف الحركة إلى مدى توقف إنسياب تساوى الضغط.

كـذلك تتـغـيـر، درجـات الحـرارة، والكثـافـة، وتواجـد غـاز الهليـوم، والهيدروجين والغازات الأخرى مع الإرتفاع عن سطح الأرض. وقد وجد أن سلوك هـذه الظواهر تتـغـيـر بتـغـيـر البـقـع الشـمـسـيـة، والمؤثرات اليـوميـة، والنشاط الشمسى، والنشاط المغناطيسى، وتعاقب المواسم الأربعة.

طبقات الأيونوسفير

تحوى الإشعاعات الشمسية طاقة كافية عند أطوال الأمواج القصيرة قادرة على تأيين الغلاف الجوى فى الطبقات العليا. أى أن الإشعاعات الشمسية تؤين جزئياً طبقات الغلاف الجوى العلوى ويطلق عليها طبقات الأيونوسفير. والتأين يعنى أن الذرات المتعادلة إما تفقد إلكترونا وتصبح أيونا موجباً أو أن تكتسب ألكتروناً وتصبح أيونا سالباً. واتحاد الأيونات والإلكترونات التى تولدت بهذا المنوال تتزايد ببطء فى الغازات قليلة الكثافة لدرجة تواجد إلكترونات كثيفة حتى خلال ساعات الليل. وفى أثناء النهار يمكن تمييز طبقات متتابعة من الأيونوسفير، برغم أن الحد الفاصل بينها ليس محدداً تماماً، هذه الطبقات طبقاً لإرتفاعها عن سطح الأرض تسمى طبقات D، وE، وF_1، وF_2 على الترتيب .

والطبقة D هى الطبقة السفلى للأيونوسفير حيث يبلغ إرتفاعها عن سطح الأرض من ٦٠ إلى حوالى ٨٥ كيلو متر ويبلغ أقصى تركيز للإلكترونات بالقرب من ٨٠ كيلومتر حيث يصل إلى ١٠٠٠ إلكترون/سنتيمتر. وتقل قيمة تركيز الإلكترونات أثناء الليل إما بسبب إلتحامها أو إلتصاقها مع الأيونات الموجبة. وتحتل طبقة E من ٨٥ إلى ١٤٠ كيلو متر تقريباً. ويطلق على المدى ما بين ١٤٠ إلى ٢٠٠ كيلومتر الطبقة F_1. كما تعرف المنطقة ما بين إرتفاع ٢٠٠ إلى حوالى ١٠٠٠ أو ٢٠٠٠ كيلو متر بالطبقة F_2 حيث يبلغ عندها قيمة تركيز الإلكترونات أقصاها.

وطبقات الأيونوسفير هى المسئولة عن إرتداد الموجات ذات الترددات المختلفة التى ترسلها محطات الإذاعة على سبيل المثال، حيث ترتد كل موجة عند طبقة أيونوسفيرية معينة إلى سطح الأرض لتستقبلها أجهزة الراديو التى تضبط لإستقبال الموجات .

وفوق الطبقة F_2؛ يتناقص تركيز الإلكترونات بإطراد حتى بعد مماثل للعديد من أنصاف قطر الكرة الأرضية؛ حيث ينتهى كلا المجال المغناطيسى الأرضى والبرتونوسفير (أخر طبقات الأيونوسفير) بواسطة الرياح الشمسية أو البلازما السيارية،. وتحدث تأثيرات يومية كبيرة، وخصوصاً فى طبقات الأيونوسفير المنخفضة. وفى الليل تتحد الطبقتين F_1 مع F_2، وينشأ نتيجة لذلك إنخفاض كبير فى تركيز الإلكترونات فى المنطقة، بين الطبقة E والطبقة الموحدة F. كذلك ينخفض تركيز الإلكترونات إنخفاضاً عنيفاً فى فترة الليل. ويرتبط تركيز الإلكترونات أيضاً على خطوط العرض.

وبصفة أساسية يتساوى تركيز الألكترونات مع الأيونات أينما كنا فى الأيونوسفير ولكن هناك إستثناء لهذا التساوى فى الطبقة D حيث أن الإلكترونات قد تتحد مع الجسيمات فتكون أيونات سالبة (الأيونات السالبة ليست ذات قيمة فى أماكن الأيونوسفير الأخرى). وعامة فإننا نجد أن تركيز الأيونات مساوياً لتركيز الإلكترونات حيث أنهما يخلقان سويا، كما أنهما يختفيان سوياً. وتمنع القوى الكهربية أى تغير ملموس فى التركيز من تطوير الجسيمات الموجبة والسالبة. وقد تختلف سرعة الإنحراف للإلكترونات والأيونات مما يتسبب فى نشأة التيارات الأيونوسفيرية.

ولكل طبقة نهاية عظمى خاصة بها للتركيز، وإرتفاع هذه الطبقات، والترددات الحرجة لأقصى تركيز. والمقصود بالترددات الحرجة أنها أدنى الموجات الراديوية التى يمكنها أن تخترق الطبقات المختلفة عندما تسقط عمودياً عليها.

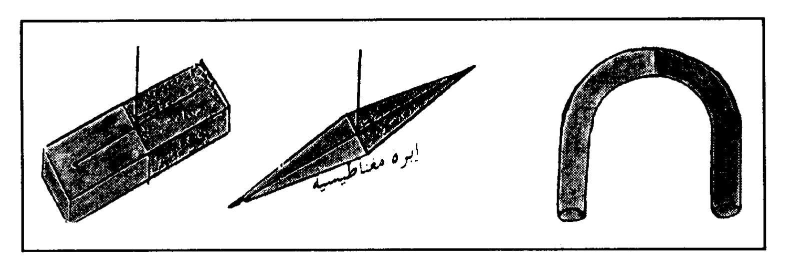
(المغناطيسية الأرضية)

المغناطيس والمجالات المغناطيسية

لكى نتعرف على المغناطيسية الأرضية فلابد أن نبدأ بتوضيح المعلومات الأساسية عن المغناطيس والمجال المغناطيسى. إن أوضح ميزة للمغناطيس هى قدرته على جذب الحديد والصلب. هذه الخاصية موجودة فى الطبيعة فيما يسمى بالحجر المغناطيسى، وهو مجموعة معادن معروفة بالماجنيتيت - أكاسيد الحديد المغنطة $Fe_3 O_4$.، ويطلق على الحجر المغناطيسى اسم المغناطيس الطبيعى .

يوجد بصفة عامة منطقتان على سطح المغناطيس، بالقرب من طرفيه تكون قوة الجذب عندهما أكبر ما يمكن. وللتقريب تعتبر قوة الجذب كما لو كانت تنبعث من نقطتين داخليتين تسميان قطبى المغناطيس (شكل ٢٩). وللمغناطيس العادى محور مغناطيسى هو تقريباً الخط الواصل بين قطبيه. وإذا علق مغناطيس تعليقاً حراً من مركز ثقله فإنه فى معظم الأماكن يميل قليلاً على المستوى الأفقى، ويأخذ إتجاهاً محدداً ينحرف قليلاً عن إتجاه الشمال الجغرافى والجنوب الجغرافى. ويطلق على القطب القريب من الطرف المتجه إلى الشمال بالقطب الشمالى بينما يسمى الاخر بالقطب الجنوبى.وتتنافر الأقطاب المتماثلة بينما تتجاذب الأقطاب المختلفة. وعادة تلون أطراف المغناطيسيات التى تتجه ناحية الشمال باللون الأحمر والأطراف التى تتجه ناحية الجنوب باللون الأزرق.

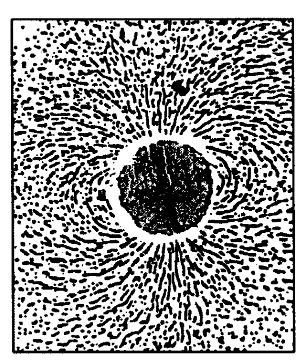
وتتناسب القوة بين قطبين مغناطيسيين طردياً مع شدة كل قطب وعكسيا مع مربع المسافة بينهما. وقد وضع هذا القانون كولومب سنة ١٧٨٥م. وتعرف وحدة القطب بأنها تولد قوة مقدارها داين واحد إذا وضع

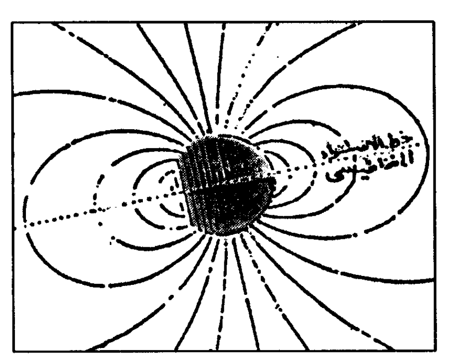


(شكل ٢٩) بعض المغناطيسيات الشائعة

على بعد سنتيمتر واحد من قطب مماثل له فى الفراغ. ويعرف العزم المغناطيسى للمغناطيس بأنه حاصل ضرب شدة قطبه فى المسافة بين القطبين.

ويطلق على ظهور تأثيرات المغناطيس فى الحيز حوله بأن المغناطيس أنتج مجالاً مغناطيسياً (شكل ٣٠). ويتميز المجال المغناطيسى فى كل نقطة بشدة وإتجاه محددين يتغيران من نقطة إلى أخرى فى الحيز حول المغناطيس. وعادة تعرف الشدة المغناطيسية بأنها القوة الناشئة على قطب افتراضى معزول، وعليه فإن وحدة المجال المؤثرة على وحدة قطب تولد وحدة قوى.





(شكل ٣٠) خطوط القوى لمغناطيس كروى منتظم بواسطة برادة الحديد (يمين) وحسابيا (شمال) (شابمان وبارتل)

وبالرغم من أن الشدة يمكن قياسها بالقوة الواقعة على قطب، فإن الطريقة الآتية تعتبر أكثر دقة: إن المجال المغناطيسى يرغم أحد قطبى مغناطيس معلق حر الحركة فى هذا المجال أن يأخذ إتجاها وأن يأخذ القطب الآخر الإتجاه المعاكس، وإذا لم يكن محور المغناطيس المعلق فى إتجاه المجال فإنه سيدور حول مركزه، أى أن المجال يولد عزم إزدواج المغناطيس. وإذا توقف محور المغناطيس عند زاوية قائمة على مجال متماثل فإن عزم الإزدواج هذا يكون مساويا لشدة المجال مضروباً فى العزم المغناطيسى للمغناطيس.

وإذا قربت قطعة من الحديد إلى مغناطيس ما، أو بالأحرى وضعت فى مجال مغناطيسى، فإنها تتمغنط بالتأثير، وتصبح مغناطيساً يجذب حديداً آخر. وكانت الطريقة المتبعة قبل عام ١٨٢٠م لمغنطة إبرة هى دلكها بالحجر المغناطيسى أو بمغناطيس آخر وقد تطورت طرق المغنطة بعد ذلك بإستخدام وسائل ونظم متعددة، منها على سبيل المثال أن يوضع الصلب بين قطبى كهرومغناطيس، أو أن توضع داخل ملف من السلك يمرر فيه تيار وقتى يسرى فى إتجاه واحد.

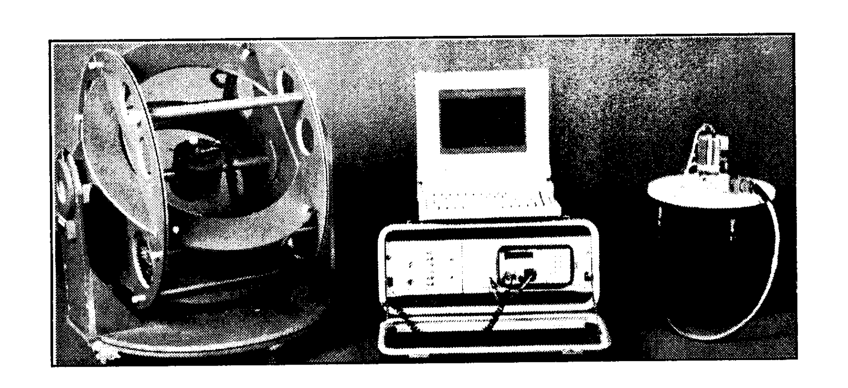
وبالنسبة للخواص المغناطيسية فإن المواد تنقسم إلى ثلاثة أنواع هى الحديدومغناطيسية مثل: الحديد والنيكل والكوبلت، والبارامغناطيسية مثل: البلاتين والألومنيوم والأوكسجين، والدايا مغناطيسية مثل: الذهب والفضة والنحاس والرصاص وثانى أكسيد الكربون. ويسهل مغنطة النوع الأول عند إستحضاره قريباً من المغناطيس فإن مجاله يدخل فيه مغناطيسية بحيث يكون قطبها الأدنى من القطب الشمالى للمغناطيس جنوبياً والأقصى شمالياً. ومواد النوع الثانى والثالث يطلق عليها اللاحديدومغناطيسية. والمواد البارامغناطيسية تتمغنط فى إتجاه المجال المغناطيسى، كما تنفعل المواد اللاحديدومغناطيسية ولكن بقدر ضئيل جداً حتى أن إنجذابها

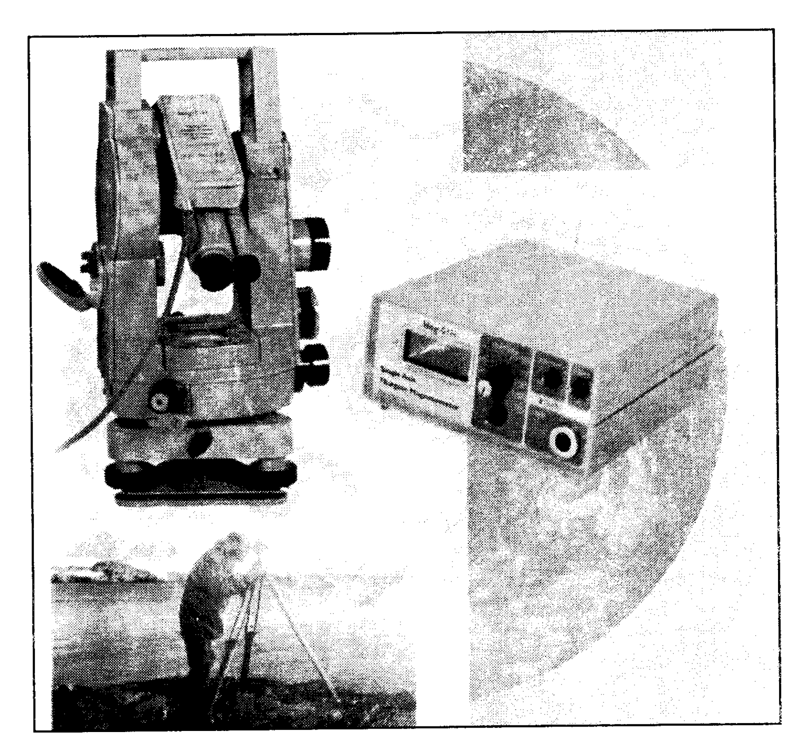
للمغناطيس لا يمكن تحسسه إلا بواسطة أجهزة حساسة، وأما المواد الدايامغناطيسية فيحدث تمغنطها فى عكس إتجاه المجال المغناطيسى أى يكون تنافراً بدلاً من التجاذب وشدة التمغنط لهذه المواد تماثل أو تقل عن المواد البارامغناطيسية .

ويفقد المغناطيس شدته عند تسخينه ولكنه يستعيد مغناطيسيته كاملة عندما يبرد إذا لم يكن تسخينه لدرجة عالية، أما إذا تم التسخين لدرجات عالية فإن المغناطيس لن يستعيد شدته كاملة عند التبريد. وفى حالة تسخين المغناطيس إلى نقطة كورى وهى ٥٦٠° درجة مئوية للحديد فإنه يفقد أى صفة مغناطيسية ولا ينتمى حينئذ إلى صفات المواد الحديد ومغناطيسية، فإذا برد فى مجال مغناطيسى فإنه سيمغنط بالتأثير وسيحتفظ ببعض هذه المغناطيسية الجديدة.

الكهرومغناطيسية

إن التيار الكهربائى، وهو ما ينشأ من شحنات متحركة، ينجم عنه مجال مغناطيسى حول الموصل الذى يمر به التيار. وبالعكس فإن المجال المغناطيسى المتحرك حول موصل ينتج عنه مرور تيار كهربائى فى الموصل. ويسمى العلم الذى يبحث فى العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية بالكهرومغناطيسية. وللحصول على مجال ذو شدة كافية بدون إستخدام تيار متزايد فمن العادة أن نرسل التيار خلال ملف من سلك ملفوف بحيث إن المجالات الناتجة من اللفات تقوى بعضها البعض، ويعتبر ملف هولمهولتز (شكل ٣١) من الأجهزة الهامة فى توليد مجال منتظم أثناء القياسات المغناطيسية .



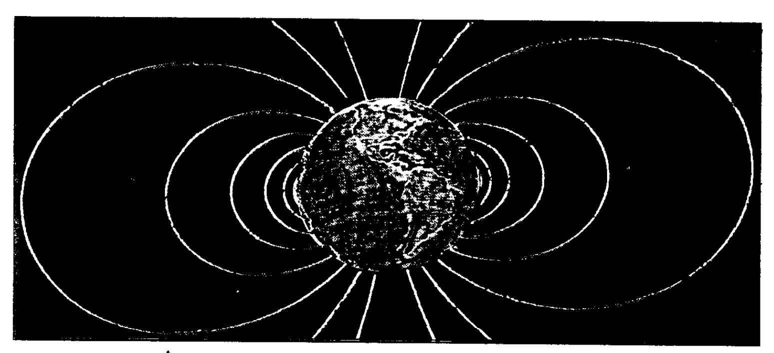


(شكل ٣١) مغناطومترات لقياس عناصر المغناطيسية الأرضية

المجال المغناطيسى الأرضى

الفعل التوجيهى للأرض على إبرة مغناطيسية حرة التعلق من مركز ثقلها يدل على أن للأرض مجالاً مغناطيسياً، إذ تستقر الإبرة بحيث يأخذ محورها المغناطيسى إتجاه خطوط المجال المغناطيسى الأرضى (شكل٣٢ أ،ب)، منحرفة عن الشمال الحقيقى ومائلة على الإتجاه الأفقى حسب المكان، فإذا أزيحت الإبرة من وضع إتزانها فإنها تتذبذب بتردد يتناسب تناسباً عكسياً مع شدة المجال الأرضى، وعليه فإنه يمكن حساب شدة المجال المغناطيسى الأرضى بواسطة مغناطيس معاير. ويتكون قياس المغناطيسية الأرضية فى أى مكان من تحديد إتجاه وشدة المجال. ولقياس المغناطيسية الأرضية فى أى مكان يلزم تحديد مستويين هما المستوى الأفقى ومستوى **الزوال الجغرافى الحقيقى** وهو دائرة عظمى رأسية تشمل القطب الشمالى الجغرافى والجنوبى الجغرافى.

والسمت الحقيقى لجسم ما هو الزاوية بين الزوال الحقيقى عند نقطة الرصد والمستوى الرأسى الذى يشتمل على الجسم ونقطة الرصد.

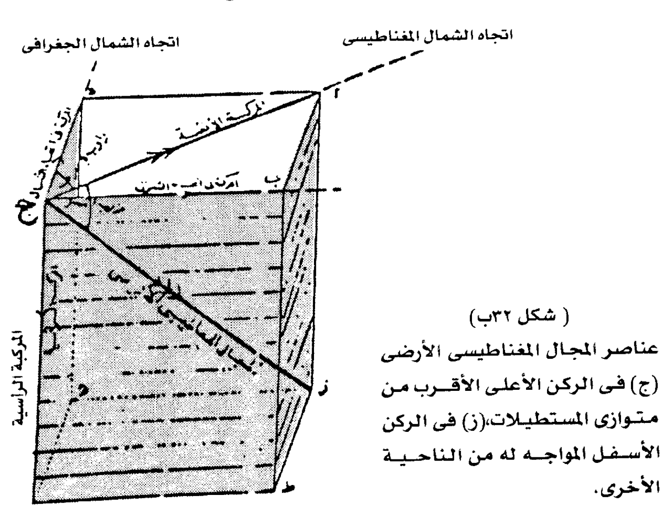


(شكل ٣٢أ) خطوط المجال المغناطيسى بالقرب من سطح الأرض

والزوال المغناطيسى عند أى نقطة يعرف بأنه المستوى الرأسى الذى يحدد بإتجاه خطوط القوى، أى بالإتجاه الذى تتخذه إبرة مغناطيسية معلقة تعليقا حرا، **والسمت المغناطيسى** مشابه للسمت الحقيقى إلا أنه ينسب إلى الزوال المغناطيسى .

عناصر المغناطيسية الأرضية

كما ذكر سابقا أن المغناطيس إذا علق تعليقاً حراً من مركز ثقله عند نقطة (ج)، مثلاً، (شكل ٣٢ب) فإنه يستقر فى وضع مواز لخطوط المجال المغناطيسى الأرضى (ج ز)، منحرفا قليلاً عن الشمال الجغرافى بزاوية تسمى **زاوية الإنحراف** (د ج أ)، ويرمز لها بالرمز (D) وهى الزاوية بين الزوال المغناطيسى والزوال الجغرافى وتعتبر شرقا أو غربا إذا كان الشمال المغناطيسى يقع شرق أو غرب الشمال الحقيقى.



(شكل ٣٢ب)
عناصر المجال المغناطيسى الأرضى (ج) فى الركن الأعلى الأقرب من متوازى المستطيلات،(ز) فى الركن الأسفل المواجه له من الناحية الأخرى.

كما يميل المغناطيس على المستوى الأفقى (أ ب ج د) **بزاوية الميل** (أج ز) ويرمز لها بالرمز (I). ويعتبر الميل شمالى أو جنوبى طبقاً لميل القطب الشمالى فى المغناطيس أو قطبه الجنوبى أسفل المستوى الأفقى، ويعتبر الميل الشمالى موجباً.

ولذلك يقال أن المجال المغناطيسى الأرضى كمية متجهة أى لها مقدار واتجاه ويحلل هذا المجال إلى مركبتين إحداهما فى الإتجاه الرأسى وتسمى **المركبة الرأسية** (ج و) ويرمز لها بالرمز (Z) وتعتبر موجبة عندما تكون زاوية الميل موجبة. والأخرى فى الإتجاه الأفقى وتسمى **المركبة الأفقية** (ج أ) ويرمز لها بالرمز (H) وتعتبر دائماً موجبة مثلها مثل المجال نفسه كما تحلل المركبة الأفقية أيضاً فى إتجاهى الشمال الجغرافى (ج د) ويرمز لها بالرمز (X) والشرق الجغرافى (ج ب) ويرمز لها بالرمز (Y).

ويطلق على زاوية الإنحراف (D) وزاوية الميل (I) والمركبة الأفقية (H) ومركبتيها فى إتجاه الشرق الجغرافى (Y) والشمال الجغرافى (X) **بعناصر المجال المغناطيسى**، وتوجد أجهزة مختلفة لقياس هذه المركبات كل على حدة، أو قياس المجال الكلى، حسب نوعية الدراسة المطلوبة (شكل٣١).

وتوزيع المجال المغناطيسى على سطح الأرض غير منتظم، ولذلك يجب أن تتم القياسات فى أماكن عديدة للحصول على صورة مرضية لهذه الظاهرة، وقد أعطيت أسماء خاصة للأماكن التى يكون فيها المجال المغناطيسى الأرضى أفقياً (خط الاستواء المغناطيسى)(صفر = Z) أما التى يكون فيها المجال رأسياً (صفر = H) تسمى الأقطاب المغناطيسية.

خط الاستواء المغناطيسى هو الخط الوهمى الواصل بين النقاط التى تكون فيها زاوية الميل صفراً، أى أن المغناطيس الحر التعليق من مركز ثقله سيتخذ وضعاً أفقياً. ويقع خط الاستواء المغناطيسى جنوب خط الاستواء

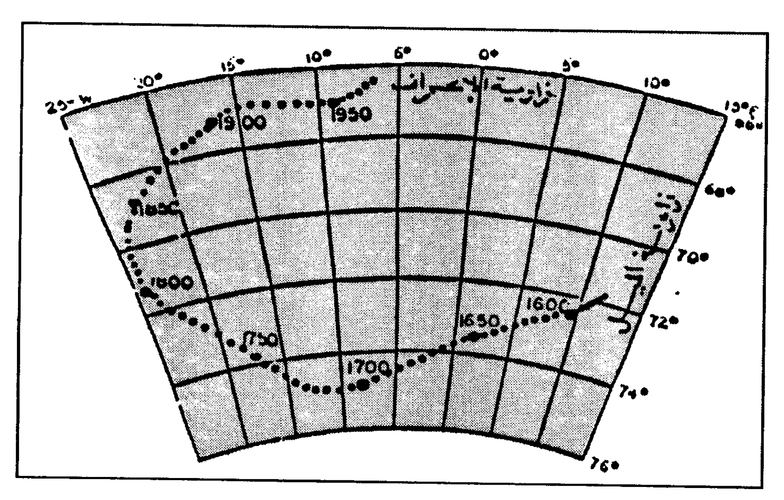
الجـغـرافـى فـى أمـريكا الجنوبيـة وشـمـالـه فـى أفـريقـيـا وآسـيـا ومـعـظم البـاسـيفيك، ووضـعـه ليس ثابتاً بل يطرأ عليـه تغير طفيف. ويميل القطب الشـمـالى للمغنـاطيس أسـفل المسـتوى الأفقى إذا كـان شـمـال خط الاسـتـواء المغناطيسى، بينما يميل القطب الجنوبى للمغناطيس أسفل المستوى الأفقى إذا كان جنوب خط الاسـتـواء. وتزداد كـلا من زاويـة الميل والمركبـة الرأسـيـة كلما بعدنا عن خط الاستواء المغناطيسى .

عند قطبى المغنـاطيسـيـة الأرضيـة الأسـاسيين الشـمـالى والجنوبى تصغـر قيـمـة المركبـة الأفـقـيـة ومـن ثم، فـإن البـوصـلات لا تصلح لتحديد الإتجـاه الصـحيح فـى هـذه الأمـاكن، علمـاً بأن الشـدة الكليـة عند القطب المغناطيسى الأرضى تصل إلـى ضـعف القـيـمـة عـند خط الاسـتـواء المغناطيسى. ولا يقع القطبـان المغناطيسـيـان للأرض على طرفـى قطر، كـمـا لا يقـعـان على خط مـوازى لمحور الأرض، بل يبعد الخط الواصل بينهما على بعد حوالى ١١٠٠ كم من مركز الكرة الأرضية، كما يقعا على بعد حوالى ١٥٠٠كم من القطبين الشـمـالى الجـغـرافـى والجنوبى الجـغـرافـى. وهنـاك فـكر شـائـع بـأن طرفـى البـوصلة تشـيـر إلـى الأقطاب المغناطيسـيـة، ولكن حـقـيـقـة الأمـر أن إتجـاه الشمـال المغناطيسى ينحـرف بحوالى ١٠ درجـات أو أكثر من إتجـاه القطب الشـمـالى فى مـعظم الأمـاكن. ومـوضـعـى القطبين غـيـر ثابت، فـهـمـا يدوران بسرعة صغيرة غير ثابتة فى عكس إتجاه دوران الأرض، ويعتقد أن دورتهما تتم فى ٩٦٠ سنة، وإحداثياتهما التى أعتمدت لسنة ١٩٦٠م هى:

	خط العرض	خط الطول
القطب الشمالى المغناطيسى	٧٤,٩ شمالاً	١٠١,١ غرباً
القطب الجنوبى المغناطيسى	٧٦,١ جنوباً	١٤٢,٧ شرقاً

ويطرأ على مجال المغناطيسية الأرضية تغيرات حقبية ودورية وعواصف مغناطيسة.

التغير الحقبى: هو تغير بطىء مع الزمن للمجال المغناطيسى الأرضى ولكنه غير ثابت من سنة إلى أخرى. ومن الأماكن التى تم فيها رصد التغير الحقبى لعدة قرون وجد أن زاوية الإنحراف، مثلا، قد تغيرت من شرق الشمال الحقيقى إلى غربه، ثم تراجعت ثانية، فى إتجاه الشرق، وعلى سبيل المثال، كانت زاوية الإنحراف فى لندن (شكل ٣٣) ظلت تتناقص منذ سنة ١٦٠٠م حيث كانت حوالى ١١ درجة شرقاً، حتى تطابقت مع الشمال الجغرافى حوالى سنة ١٦٥٧م، ثم تحولت إلى الغرب حتى أصبح ٢٤,٥ درجة غرباً حوالى سنة ١٨١٩م، ومنذ ذلك الحين ظلت تتناقص حتى أصبحت ٨,٥ درجة غرباً سنة ١٩٨٦. وكذلك نرى أن زاوية الميل ظلت تتزايد منذ سنة ١٦٠٠ حتى سنة ١٧٠٠ تقريباً، ثم بدأت تتناقص منذ ذلك الحين حتى سنة ١٩٣٥، ثم بدأت تتزايد بعد ذلك.

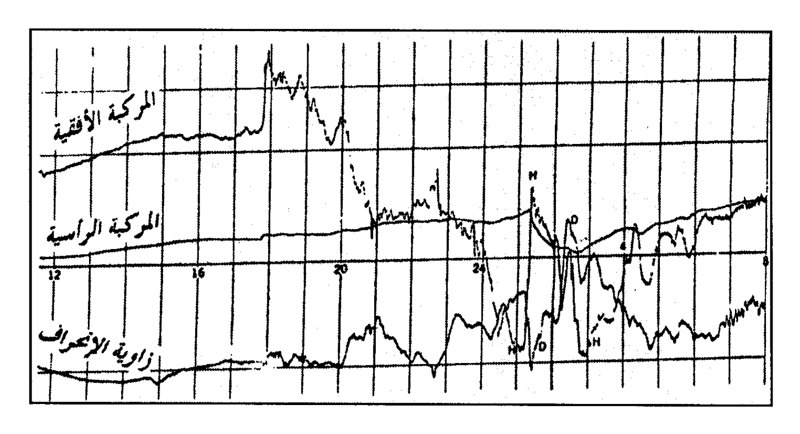


(شكل ٣٣) التغير الحقبى فى زاوية الإنحراف وزاوية الميل فى لندن

التغير الدورى: هو تذبذب الإبرة المغناطيسية عن متوسط وضعها الأصلى خلال اليوم وتتراوح مدة هذه التغيرات من ثوان قليلة إلى حوالى ١٢ دقيقة فى الأماكن المختلفة وقيمتها أكبر فى خطوط العرض العليا عنه بجوار خط الاستواء . وهو أكثر فى الصيف عنه فى الشتاء فى المكان الواحد. وفى نصف الكرة الشمالى تتميز حركة الإبرة بإتجاهها نحو الشرق فى الصباح، وتبلغ مداها حوالى الساعة الثامنة أو التاسعة صباحاً، ثم تتحرك ناحية الغرب حيث تبلغ مداها حوالى الساعة الواحدة أو الثانية بعد منتصف الليل. ثم تتحرك ناحية الشرق لمدة أربع أو خمس ساعات، ويقل التغير من الفجر حتى الصباح المبكر. وتنعكس هذه الملامح فى النصف الجنوبى من الكرة الأرضية. ويتضح أن هذا التغير يتوقف على وضع الشمس بالنسبة للأرض خلال اليوم ويسمى التغير اليومى الشمسى. وهناك أيضاً تغير يتوقف على وضع القمر ويسمى التغير اليومى القمرى وهو حوالى (٠,١) من التغير اليومى الشمسى الذى تتوقف قيمته طبقاً للنشاط الشمسى.

العواصف المغناطيسية

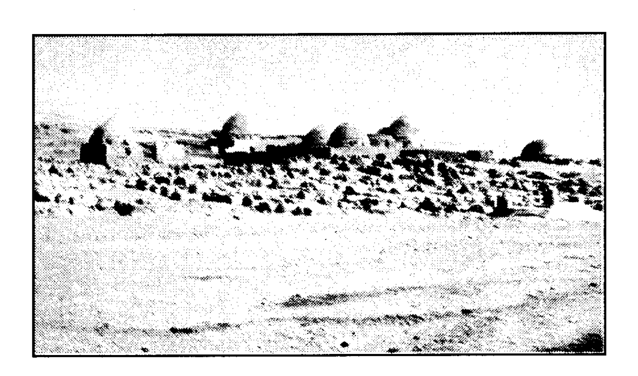
يوضح شكل (٣٤) تسجيلاً لعاصفة مغناطيسية. وتختلف العواصف المغناطيسية من حيث مدتها وصفة الإضطراب أثناءها. وتحدث العواصف فى خطوط العرض العليا أكثر مما تحدث عند خط الاستواء. وقد تحدث أن تنحرف الإبرة المغناطيسية فى ربع ساعة بمقدار ٥ درجات وهذه حالة قصوى . وفى الحقيقة أن التغيرات التى تزيد عن درجة واحدة تعتبر نادرة وسوف نتعرض فى الأجزاء القادمة لهذه التغيرات والظواهر وأسبابها وأثرها على المجال المغناطيسى.

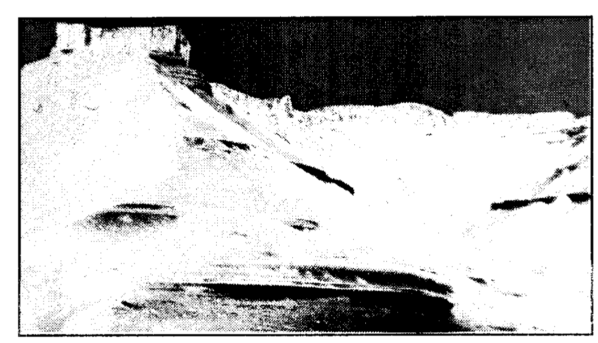


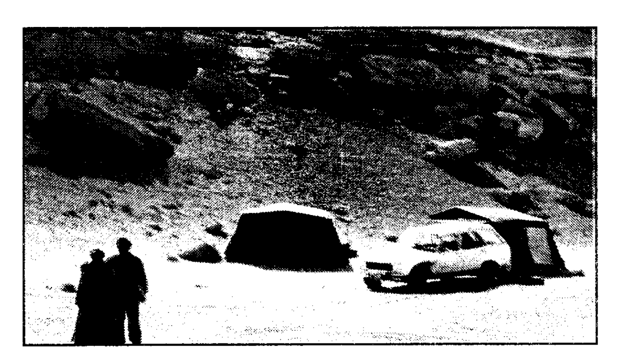
(شكل ٣٤) تسجيل لعاصفة مغناطيسية فى ١٢سبتمبر ١٩٥٧

الخرائط المغناطيسية والعيارية

نستقى معلوماتنا عن المجال المغناطيسى الأرضى مباشرة من القياس الحقلى لعناصر المغناطيسية الأرضية المختلفة (شكل٣٥) ثم توقع قيم كل عنصر على خريطة مساحية، وتوصل خطوط بين القيم المتساوية لهذا العنصر، وعليه فأننا نحصل على ستة خرائط للعناصر المختلفة بالإضافة إلى خريطة الشدة الكلية للمجال المغناطيسى الأرضى. وحيث إن شدة وإتجاه المجال المغناطيسى الأرضى يعتريها تغيراً من سنة إلى أخرى، فلابد من أن تجهز هذه الخرائط لحقب محددة. وقد أتفق أن تجهز خرائط تساوى الإنحراف كل خمس سنوات لحقب تبدأ بصفر أو بالرقم ٥ على سبيل المثال ١٩٠٠، ١٩٠٥ فى حين تجهز بقية الخرائط كل عشر سنوات.





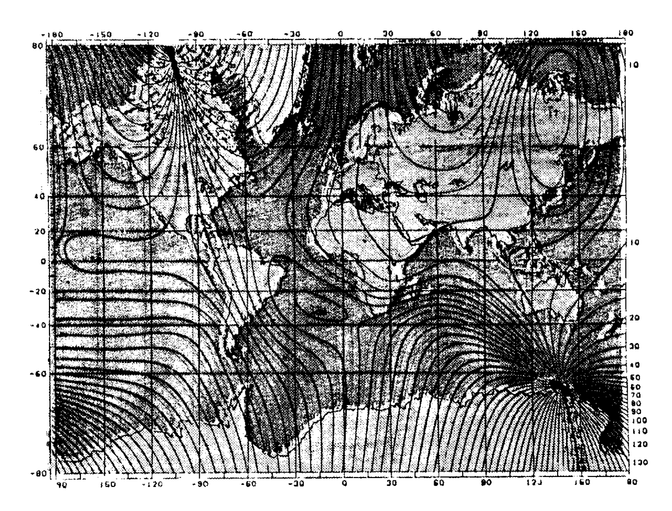


(شكل ٣٥)

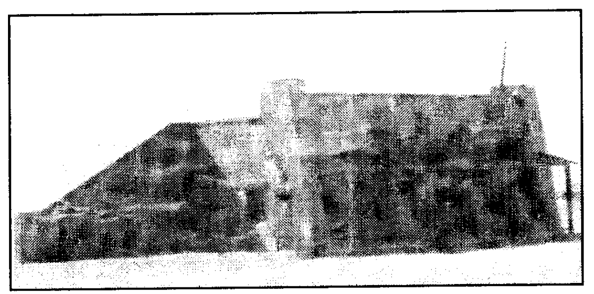
بعض أماكن محطات أرصاد مغناطيسية حقلية محددة المعالم والمواقع بدقة عالية لتكرار أخذ الأرصاد بها كل خمس سنوات لحساب التغير السنوى فى المغناطيسية الأرضية فى مصر.

ويتم إدخال قيم الأرصاد الحقلية فى معادلات رياضية تتوقف على خطوط الطول والعرض لإستنتاج قيم المغناطيسية الأرضية ومركباتها كما لو كانت نتيجة للتيارات المتولدة فى باطن الأرض فقط، بغض النظر عن أى مؤثرات خارجية، ثم تستنتج معادلات جديدة أو نماذج رياضية تعطى قيمة المجال العيارى فى أى نقطة على سطح الأرض إذا علم خط الطول والعرض والزمن فى هذه النقطة. ومن هذه المعادلات يتم رسم خرائط جديدة تسمى فى هذه الحالة الخرائط العيارية.

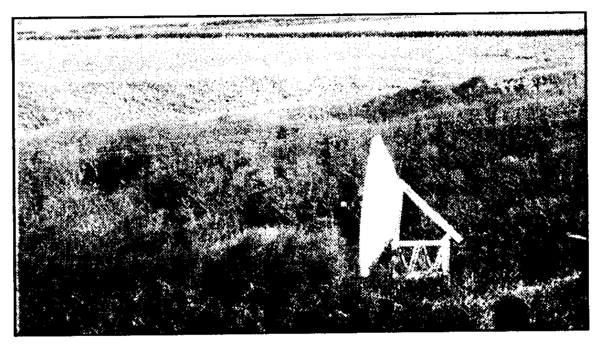
وتنشر الدول خرائط عيارية خاصة بها محلياً. وتجمع هذه الخرائط بالإضافة إلى البيانات الكثيفة والدقيقة التى يمكن الحصول عليها من الأقمار الصناعية فى مراكز دولية للبيانات المغناطيسية وتنشر الآن خرائط عيارية للعالم. ويبين (شكل ٣٦) إحدى هذه الخرائط العيارية لزاوية الإنحراف. بالإضافة إلى ذلك يوجد العديد من المراصد المغناطيسية المنتشرة بالعالم مثل التى يوضحها الشكل رقم (٣٧) للمرصد المغناطيسى بالمسلات (الفيوم) بجمهورية مصر العربية ولمرصد هارتلاند بإنجلترا.



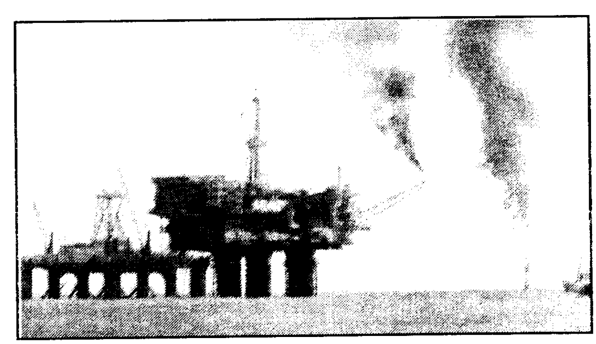
(شكل ٣٦) خريطة عالمية تبين خطوط تساوى زاوية الإنحراف لسنة ١٩٥٥ (البحرية الأمريكية)



(أ) مرصد المسلات المغناطيسى (مصر)



(ب) مرصد هارتلاند المغناطيسى (إنجلترا) (محطة فضائية)

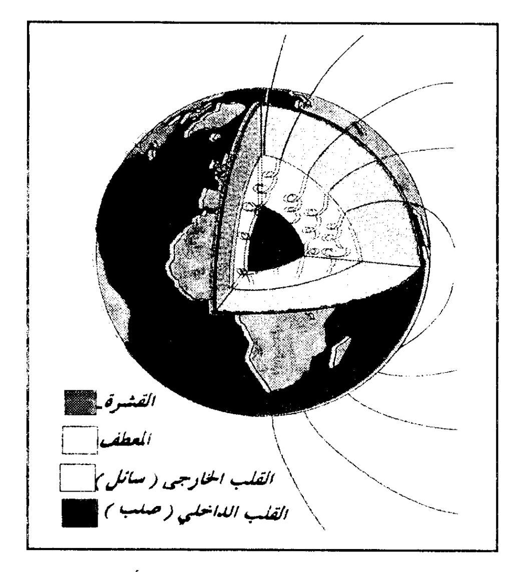


(جـ) تستخدم النماذج المغناطيسية فى الحفر الموجه لإستخراج البترول

(شكل ٣٧) بعض المراصد المغناطيسية

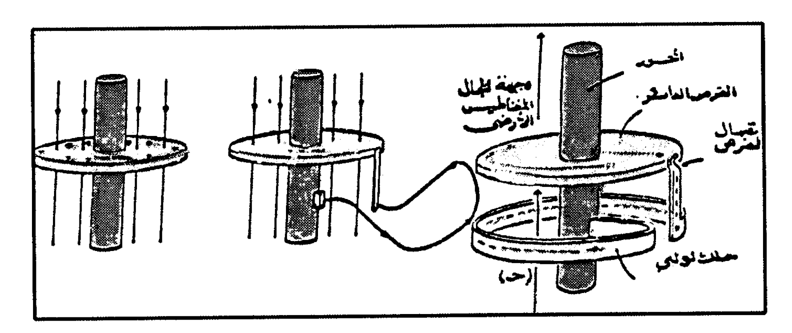
المجال المغناطيسى الأساسى، وكيفية تولده

يتكون المجال المغناطيسى الأرضى من مجموعة مجالات مغناطيسية تنشأ من عدة منابع هى: المجال الأساسى الناتج من التيارات الكهربية التى تسرى فى قلب الأرض، والمجال الناتج من القشرة الأرضية الناتج من مغنطة الصخور، والمجالات الخارجية الناشئة من التيارات الكهربائية التى تسرى فى طبقات الأيونوسفير والماجنيتوسفير، بالإضافة إلى المجالات المولدة بسبب التيارات الكهربائية المنتجة بالتأثير فى القشرة الأرضية والمعطف بسبب تغير المجالات الخارجية مع الزمن. ولكل من هذه المجالات المكونة للمجال المغناطيسى الأرضى أهمية علمية خاصة، كما أن العديد من التطبيقات المختلفة لنمو الاقتصاد وخدمته تحتاج إلى عزل كل من هذه المكونات على حدة.



(شكل ٣٨) توليد المجال المغناطيسى الأساسى

يعـزى الجـزء الأكبـر والأسـاسى من المجـال المغناطيسى الأرضى عند سطح الأرض إلى تيـارات كـهـربائيـة تنسـاب فى القلب (شكل ٣٨) الذى يتصف بقـوة توصيل كـهربائى عـاليـة لتكوينه المعـدنى. وإذا لم يكن هناك أسس للتولد المستمر لهذه التيارات فإنها تضمحل فى حوالى ١٥٠٠٠ سنة. ولكن الشواهد من دراسـة المغناطيسية المتبقية فى الصخور توضح وجود المجال المغناطيسى الأرضى منذ مئات الملايين من السنين. وتعتبـر نظرية الدينامـو حيث تسـتخـرج الطاقـة من حـركـة السوائل فى القلب الخـارجى وتتحـول إلـى طاقـة كـهـرومغناطيسـيـة هى أوسع النظريات تقبـلا لتـولد التيارات. ويوضح (الشكل٣٩) أسـاسيات الدينامو بطريقة مبسطة: حيث يدور القـرص الجيد التوصيل فى مجال مغناطيسى أولى وتتولد قوة دافعة كهربية قطرية، ولو وصل سلك بين حافة القرص مع المحور سينساب تيار كـهـربى، وإذا لف السلك فى الإتجـاه المبـين بالشكل سـيتـولد مـجـال مغناطيسى فى نفس الإتجاه المماثل للمجال الأولى، وبزيادة معدل الدوران نصل إلى نقطة حـرجـة فـتصبح العـمليـة تلقـائيـة ولا تحـتـاج إلى المجـال التأثيرى الأولى بعد ذلك. وبالرغم من أن عملية الدينامو التلقائية فى كرة من المواد الموصلة بعيدة عن التصور فى عدم وجود أسـلاك موصلة لتضمن سريان التيارات الكهربائية فى الاتجاه الصحيح، إلا أن النظريات والتجارب قد أثبتت إمكانياتها.



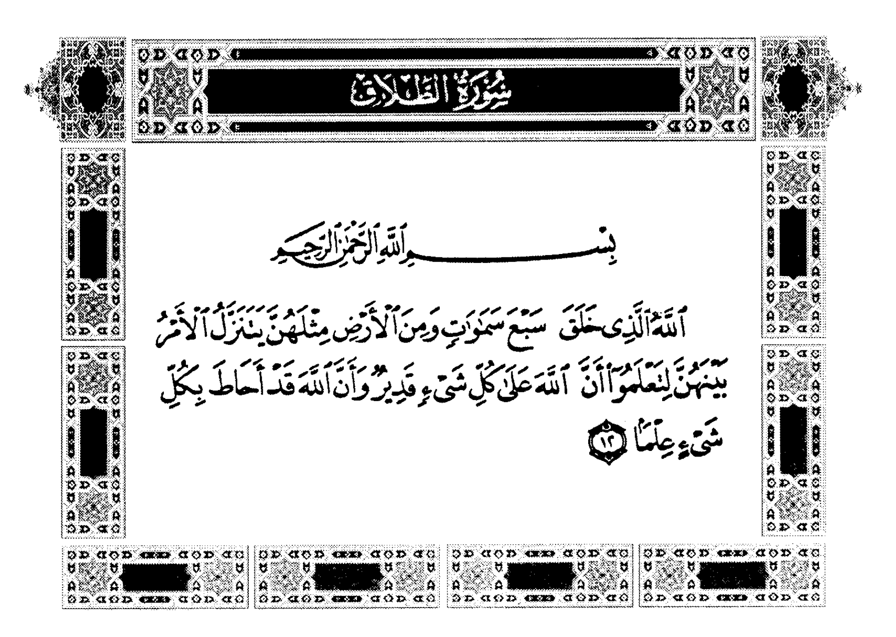
(شكل ٣٩) أبسط نموذج للدينامو صممه بولارد عام ١٩٥٥

من الخصائص المثيرة لنظرية الدينامو أن نفس حركة القرص ستدعم زيادة المجال المغناطيسى حتى ولوعكس المجال الأولى حيث لا توجد أفضلية إتجاه للمجال المولد بفعل الدينامو.

وقد بينت دراسات « **المغناطيسية القديمة**» أن بعض الصخور قد مغنطت فى إتجاه مواز للمجال المغناطيسى الأرضى الحالى فى حين أن بعض الصخور الأخرى قد مغنطت فى إتجاه معاكس. وعند تحديد أعمار صخور كل نوع، فإن مطابقتها الزمنية لمدى كل نوعية فى القارات المختلفة يبرهن على أن المجال المغناطيسى ليس له إستقطاب مفضل. ويستغرق الإتجاه المعين مئات قليلة من آلاف السنين، ويتم إنعكاس المجال فى آلاف قليلة من السنين. وقد بدأ الإنعكاس الأخير منذ حوالى ٧٠٠٠٠٠ سنة وعليه فإننا على وشك إنعكاس قريب (جيولوجيا) فى المجال المغناطيسى الأرضى.



(شكل ٤٠) راصد أثناء القياسات الحقلية



سورة الطلاق (الآية ١٢)

النشاط الشمسى وأثره على بيئة الكرة الأرضية

نقصد بالنشاط الشمسى وأثره على بيئة الكرة الأرضية، وصف التغيرات فى الجسيمات النشيطة قوية العزم، وكذلك فى المجالات الكهرومغناطيسية التى تتأصل عند الشمس، وتسافر إلى حيز المجال المغناطيسى الأرضى، فتسبب تأثيراً عنيفاً فى غلاف الأرض الجوى، وكذلك فى مجالها المغناطيسى. والنشاط بالمقياس الزمنى يأخذ زمناً قصيراً فى إحساس الإنسان بالأحداث. ويقال أن الشمس فى حالة نشاط عندما يكون مقدار تلك التغيرات مقداراً كبيراً كبراً مميزاً بالمقارنة بمعدل السلوك عبر عشرات السنين. ويقال على منطقة معينة أو عملية معينة على الشمس أنها منطقة منبع نشط، عندما يمكن تتبع جسيم أو اضطرابه فى حيز المجال المغناطيسى الأرضى، ويكونا مرتبطين بتغير متميز فى هذه المنطقة على الشمس.

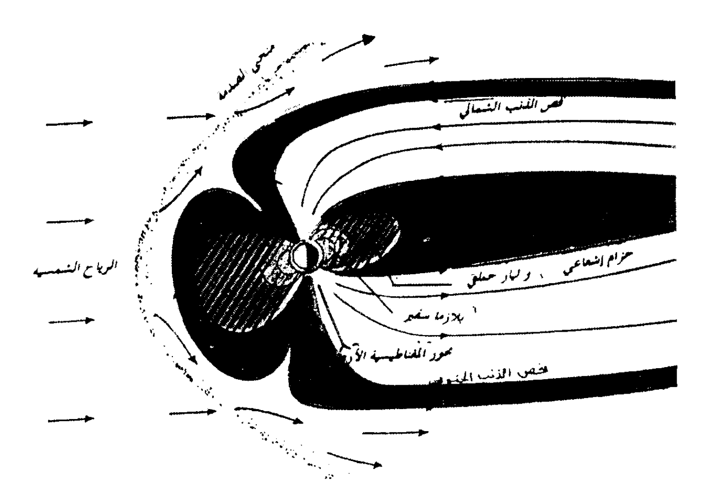
والشمس تعتبر منبعاً لكل الإشعاعات الكهرومغناطيسية، والجسيمية. ويهمنا فى دراستنا للمجال المغناطيسى الأرضى الإشعاع الشمسى عند الطول الموجى فوق البنفسجى والأشعة السينية، ذلك لأن غازات الطبقات العليا فى الغلاف الجوى تمتص الإشعاع عند هذه الأطوال الموجية وتصبح متأينة (أنظر الأيونوسفير صفحة ٥٣).

وتشع الشمس أيضاً بصفة مستمرة بروتونات وإلكترونات مكونة ما يسمى **بالرياح الشمسية**، (سيرد وصفها بالتفصيل)، تنساب قطرياً، خارجة من الشمس بسرعة ٤٠٠ إلى ٦٠٠ كيلومتر/ ثانية، ناقلة معها خطوط المجال المغناطيسى الشمسى، يطلق عليه **المجال المغناطيسى السيارى**. وتستغرق الجسيمات فى الرياح الشمسية حوالى ثلاثة أيام لتنتقل من الشمس إلى الأرض. وعندما تقابل المجال المغناطيسى الأرضى

ينتج من التفاعل خلق **الماجنيتوسفير**، وهو تجويف فى الفراغ ينحصر فيه المجال المغناطيسى الأرضى (شكل ٤١).

وتمتد الرياح الشمسية إلى مسافات تتراوح بين ٥٠ إلى ١٥٠ قدر المسافة بين الشمس والأرض. ويرجح هذا الإمتداد الكبير نظراً لأن ضغط وسط مابين النجوم غيركاف لحصر الجسيمات النشيطة قوية العزم الآتية من الثقوب الأكليلية الشمسية. ونطلق على المنطقة التى تغلب فيها هذه الرياح **الهيليوسفير**.

ويمتلىء الفضاء الخارجى بجسيمات ومجالات يعود أصلها إلى تكوين الكون، ومن النجوم . ونطلق على الإشعاع الجسيمى الذى يصل إلى الأرض من كافة إتجاهات الفضاء الخارجى **الأشعة الكونية**. وتقوم تيارات الرياح الشمسية النشيطة قوية العزم بكنس الأشعة الكونية قليلة العزم التى تخترق الحيز بين الشمس والأرض أثناء النشاط الشمسى الأرضى.



(شكل ٤١) ماجنيتوسفير الكرة الأرضية، أى، الغلاف المغناطيسى للكرة الأرضية

ويخلق النظير المشع للكربون١٤ فى الغلاف الجوى الأرضى أثناء تصادم النيتروجين ١٤ العادى مع الأشعة الكونية قليلة العزم. وينتهى الحال بأن يمتص الكربون المشع الناتج بجانب الكربون١٢ العادى بواسطة جميع المواد الحية العضوية، ويتميزالكربون١٤ بنصف عمر قدره ٥٧٣٠ سنة، وهو الزمن اللازم كى يتحلل نصفه إلى الكربون ١٢ العادى. وقد لوحظ أن نسبة الكربون١٤ إلى الكربون١٢ ترتفع فى أوقات الرياح الشمسية المنخفضة. وهى سنوات هدوء النشاط الشمسى، والذى يمكن تأريخه لآلاف عديدة من السنوات الماضية، بإستعمال عينات حفرية كربونية.

ونظراً لتحرك الأرض حول الشمس فى هذه البيئة ذات الرياح الشمسية، فإن المجال المغناطيسى الأرضى يتفاعل مع الأنسياب الشمسى، حيث يعمل هبوب الرياح الشمسية على تغليف وتغيير شكل المجال المغناطيسى الأرضى حيث ينحصر هذا المجال فى شكل دمعة العين البيضاوية، وبصفة عامة فإن هذه الرياح تضغط حيز المجال المغناطيسى الأرضى المواجه للأرض إلى حوالى ١١ قدر من نصف قطر الكرة الأرضية، بينما يمتد هذا الحيز إلى ما بعد مدار القمر (حوالى ٦٠ قدر نصف الكرة الأرضية) وهذا الحيز بأكمله هو الماجنيتوسفير السابق ذكره (شكل٤١).

وحيث إن شدة المجال المغناطيسى الأرضى تقل مع زيادة البعد عن الأرض فإن المجال يظل محتفظاً بهيئته التى ذكرت فى صفحة ٦٠ (شكل ٣٢أ) ممتدة فى الفضاء لأضعاف قليلة من نصف الكرة الأرضية، وخارج هذه الحدود فإن المجال المغناطيسى الأرضى يعانى باضطراد تشوها فى شكله نتيجة تأثير الرياح الشمسية وتيارات كهربائية، خاصة المتولدة بعمليات الإضطرابات الملازمة. وقد بينت دراسة البيانات التى يتم الحصول عليها بواسطة الأقمار الصناعية أن حيز المجال المغناطيسى الأرضى (الماجنيتوسفير) هى منطقة ديناميكية وتيارات، ومجالات. وسوف

نتطرق لسلوكها جميعاً.

وتجرى دراسة أقصى البيئة الخارجية للكرة الأرضية بواسطة مراكب الفضاء العديدة التى تعبر هذا الحجم المهول. وتمتد منطقة الماجنيتوسفير إلى أبعد من القمر وتشبه شكل النيازك. ويتكون الغاز الرقيق فى الماجنيتوسفير من جسيمات مشحونة كهربائيا مكونة ما يعرف **بالبلازما**. ويتاخم المجال المغناطيسى الأرضى الرياح الشمسية، وهى بلازما متكونة بواسطة التمدد المستمر للأكليل الشمسى إلى داخل الفضاء السيارى (ما بين الكواكب).

ويُرغم عمود الرياح الشمسية المتجه إلى الأرض على أن يبطىء بعضا من تياراته عند حدود هذا العمود مما يخلق صدر صدمة منحنى (شكل٤١). ويمتص حوالى ١٪ من طاقة الرياح الشسمية فى الماجنيتوسفير، وتقتنص بعض جسيماتها المشحونة وفور إقتناصها تكون معرضة لإنحراف يفرضه ميل وإنحناء المجال المغناطيسى. و كذلك المجالات الكهربائية المتخللة. كما تتشتت أيضاً بواسطة الطيف الغنى للموجات الكهرومغناطيسية والكهروستاتيكية والهيدرومغناطيسية التى تحدث تلقائيا فى البلازمات وفى ظل هذه الأحداث تتسارع الإلكترونات والبروتونات لتكون خزانا لبلازما ساخنة (حوالى ١٠ مليون درجة مطلقة) تعرف بالبلازما الممتدة، وهى تكون قلب الماجنيتوسفير كما فى (الشكل ٤١).

وتصل خطوط المجال المغناطيسى المتخللة فى البلازما كل من نصفى الكرة الأرضية الشمالى والجنوبى فى حزم خطوط العرض المحصورة بين ٦٠ درجةو ٧٥ درجة شمالا، ٦٠ درجة و٧٥ درجة جنوباً. وتسبب الجسيمات المشتتة من البلازما الممتدة إلى داخل الغلاف الجوى عند هذه الخطوط الإنبعاث المرئى فى أعالى الغلاف الجوى للوهج القطبى الشمالى والجنوبى. وخطوط المجال المنبعث من الأرض الأقرب للقطب لا تصل نصفى الكرة الأرضية الشمالى والجنوبى، ولكنها تمر خلال فصوص بلازما الذيل الرقيقة جداً، قبل دخول الفراغ السيارى. ويحتوى جزء البلازما

الممتدة الأقرب إلى الأرض على جسيمات تسارعت حتى طاقات مليون الكترون فولت لتكون **أحزمة فان آلان الإشعاعية**. وتنحرف جسيمات الحزام الإشعاعى حول الأرض وتولد تيار حلقى ذات ملايين عديدة من الأمبيرات. وقد أكتشف التغير فى هذا التيار على سطح الأرض كعواصف مغناطيسية.

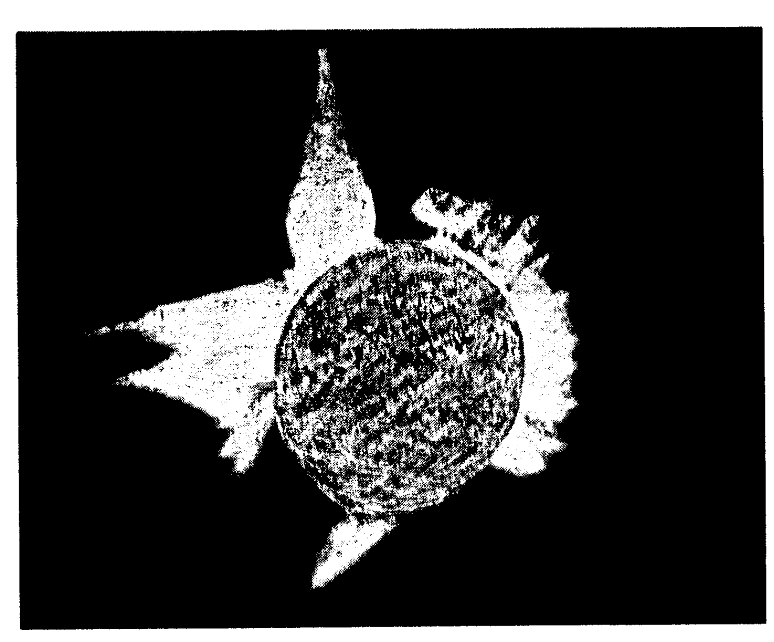
وعندما نقترب أكثر من الكرة الأرضية نجد منطقة توريدال من البلازما - بلازماسفير - وهى إمتداد إلى الخارج عند خطوط العرض الوسطى لأعالى الغلاف الجوى المتأين أو الأيونوسفير. والأيونوسفير المتكون بواسطة الإشعاع الشمسى الإلكترومغناطيسى، من المعروف أنه يهب جسيمات ليس فقط إلى البلازماسفير ولكن أيضاً إلى مناطق أخرى من الماجنيتوسفير.

والعمل جارى الآن لمعاملة الماجنيتوسفير كمعمل هائل لفيزياء البلازما تتم فيه دراسة الأرصاد السابقة وكذلك محاولة إجراء تجارب فعالة.

(نتائج وأحداث قذف الكتل والجسيمات النشطة قوية العزم)

أثناء كسوف الشمس الكلى يغطى القمر تماما قرص الشمس المضيىء، مما يسمح للراصدين أن يسجلوا بواسطة الأجهزة الفلكية (الكرونوجراف) الإشعاعات الإكليلية المضيئة، منفجرة إلى الفضاء البعيد (شكل ٤٢). وحديثا يتم تركيب كرونوجرافات خاصة على الأقمار الصناعية تسمح بكسوف صناعى لقرص الشمس المضيىء، وتسجل التقدم المستمر للقذف المضيىء للمواد. وبذلك، وباستخدام تقنيات جديدة أيضاً، بدأ استعمال تعبير عمليات حوادث **قذف الكتل الإكليلية** لوصف نوع معين من الجسيمات التى تترك الشمس، وقذف الكتل الإكليلية ليست فقط مرتبطة بالشعلات الشمسية، بل تشمل أيضاً جميع منطقة عمليات الإضطرابات الملازمة لمناطق خطوط المجال المغناطيسى بالإكليل. وقذف الكتل الإكليلية يحدث

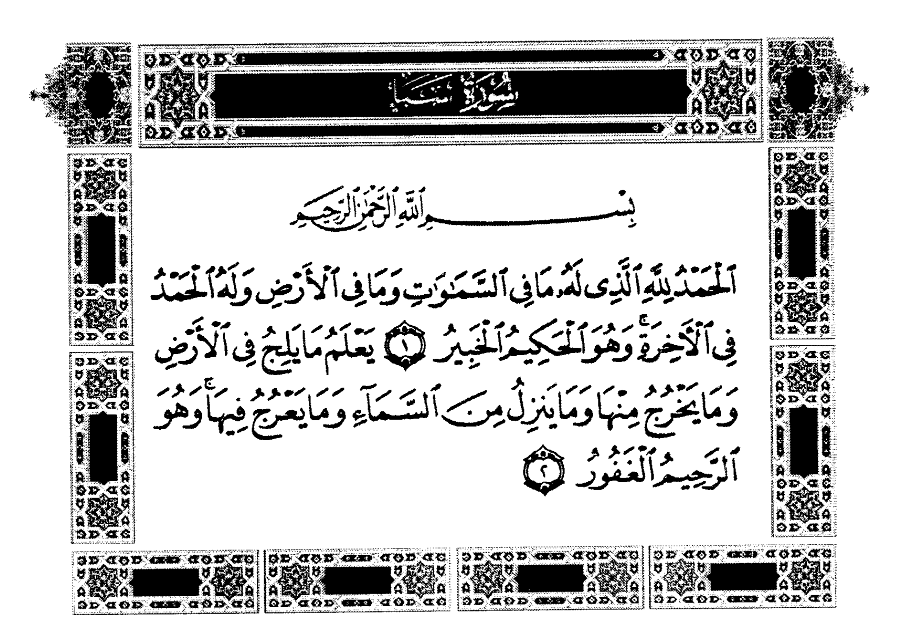
عند خطوط عرض الشمس المرتفعة أكبر مما للشعلات التى تنحصر عند خطوط عرض الشمس المنخفضة. وعندما يبدأ قذف الكتل الإكليلية للإنطلاق من الخطوط المقفلة لمجال الإكليل الشمسى، يسبب الإرتفاع أن تتحرك الإلكترونات الفائقة السخونة إلى الخارج من موضعها مسببة انسياب تيار معاكس كعلامة مميزة. وقد لاحظ العلماء قذف الكتل الإكليلية من ثلاثة إلى أربعة مرات يومياً فى سنوات النشاط الشمسى، وحوالى مرة واحدة كل خمسة أيام فى سنوات الهدوء. وقذف الكتل الإكليلية هو المسئول عن إعمار الرياح الشمسية بالبروتونات والإلكترونات (من٥ر إلى ٥٠ لكل سنتيمتر مكعب)، وأيضاً بحوالى ٣٪ إلى ٥٪ هيليوم. وتتراوح سرعة حافة البلازما القائدة من ٥٠ إلى ١٢٠٠ كيلومتر فى الثانية بسرعة متوسطة ما بين ٣٥٠ إلى ٤٠٠ كيلومتر فى الثانية.



(شكل ٤٢) الإكليل الشمسى خلال الكسوف الشمسى فى ٧ مارس ١٩٧٠

وينطلق بصفة غير منتظمة حوالى $١٠^{١٥}$ إلى $١٠^{١٦}$ جرام من مواد الشمس إلى الفضاء السيارى **«كجسيمات شمسية نشطة قوية العزم»**. ومن دراسة التغيرات الزمنية والمادية فى صفات البروتونات والإلكترونات، المنطلقة كجسيمات شمسية نشطة، فقد قسمت إلى النوع **«الإنفجارى»** ولها ميل أن تحدث فجأة والنوع **«التدريجى»**. وفى أقصى النشاط الشمسى نلاحظ حوالى ١٠٠٠ حادثة - حالة لكل سنة من النوع الإنفجارى، وتبلغ أقصى ناتجها فى دقائق معدودة، وتتبع بطريقة مثالية الشعلات الشمسية، وهى غنية بالإلكترونات، ومتلازمة مع إنفجارات الموجات الراديوية نوعية (IV،III) (شكل ١٩)، وتستمر فقط لساعات معدودة، وذات نسبة عالية من الهيليوم (نوعية غير عادية من الهليوم)، والحديد، ولها إمتداد زاوى محدود: (عادة يمكن ملاحظتها فقط حيث يتمكن جهاز الرصد من تتبع موقع الشعلات خلال خطوط المجال الشمسى)

ويلاحظ فقط حوالى عشرة أحداث كجسيمات شمسية نشطة سنوياً أثناء ذروة النشاط الشمسى من النوع التدريجى، وتبلغ أقصى ناتجها فى فترات تتراوح من ساعات إلى أيام، ويمكن أن تنتج عن إضطرابات تحدث فى أى مكان على القرص الشمسى، وهى غنية بالبروتونات، ومتلازمة مع إنفجارات الموجات الراديوية نوعية (IV،II) (شكل ١٩)، وتستمر لعدة أيام، وذات مزيج من الهيليوم والحديد مماثل للبيئة الشمس أرضية، ولها إمتداد زاوى كبير. ومعظم أحداث الجسيمات الشمسية النشطة التى تتميز بالكبر تكون من النوع التدريجى (أو المختلط). ويظن الآن أن النوع التدريجى ينشأ من تسارع الجسيمات الموجودة فى البيئة الشمس أرضية نتيجة لإنتشار موجة صدمية إلى الخارج من سطح الشمس.


سُورَةُ سَبَإٍ

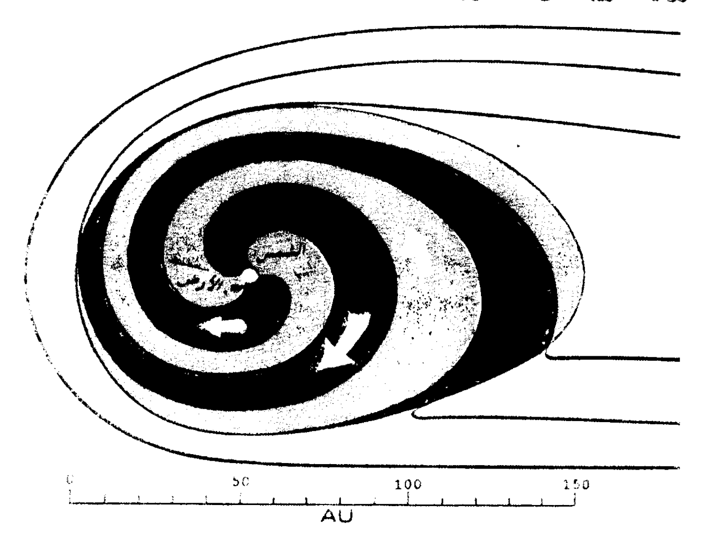
بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

ٱلْحَمْدُ لِلَّهِ ٱلَّذِى لَهُۥ مَا فِى ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَمَا فِى ٱلْأَرْضِ وَلَهُ ٱلْحَمْدُ
فِى ٱلْءَاخِرَةِ ۚ وَهُوَ ٱلْحَكِيمُ ٱلْخَبِيرُ ﴿١﴾ يَعْلَمُ مَا يَلِجُ فِى ٱلْأَرْضِ
وَمَا يَخْرُجُ مِنْهَا وَمَا يَنزِلُ مِنَ ٱلسَّمَآءِ وَمَا يَعْرُجُ فِيهَا ۚ وَهُوَ
ٱلرَّحِيمُ ٱلْغَفُورُ ﴿٢﴾

سورة سبأ (الآية ١-٢)

المجال السيارى وصدمات الرياح الشمسية

تنطلق الرياح الشـمسـيـة إلى الغـلاف الشـمـسى على هيئـة مـقـوسـة وحلزونيـة، شـبـيهـة بهيـئة المياه المنطلقـة من رشـاش مـياه الحـدائق الدوار (شكل٤٣)، وبالرغم أن الجسيمات الأعضـاء فى الرياح الشـمسـية تتحـرك بذاتها قطريا من الشـمس، إلا أن دوران سطح الشمس المشع يسبب إنسياب حلزونـى الشكل لكثافـة الجسيمـات وكـذلك المجـالات المشـاركـة، وتتـوقف الزاوية الحلزونية على النسبة بين سـرعـة جسيمات الرياح الشمسية إلى السـرعـة الزاوية لسطح الشـمس؛ مع الأخـذ فى الإعـتـبـار خط الطول الشـمسى للجسم المنطلق. وعلى مسـافة بعد الأرض يكون متـوسط الزاوية الحلزونية قريبة من ٤٥ درجة.



(شكل ٤٣)

تصور شكل الرياح الشـمسية الحلزونية وحد الهليوسفير (المسافة بالوحدات الفلكية). وتوضح الأسـهم إتجـاه القطاعـات عندمـا تنشط أربع مناطق فى المسـتـوى البـيضـاوى الشـمـسى.

ووصول إضطرابات الرياح الشمسية إلى الماجنيتوسفير الأرضى يمكن أن يقتفى أثرها من مناطق المنبع الشمسى وإليها بإستخدام المعلومات الحلزونية. ويتخذ خط الزوال المركزى لقرص الشمس المرئى غالباً كخط طول مرجعى لأماكن المساحات النشطة. وبينما يدور قرص الشمس؛ تدون أوقات خط الزوال المرجعى المار (أى العابر لخط الطول عند مركز قرص الشمس المرئى) بالظاهرة الشمسية فى بعض الأحيان، لوصف التأخير فى بداية إضطرابات الماجنيتوسفير المناظر، وأن تقدر سرعة جسيمات الرياح الشمسية (عبر الحلزون) للحدث.

والمجال المغناطيسى الشمسى يرمز له بالرمز (B)، وله مركبات موازية وعمودية عليه. وقد لوحظ رياضياً أنه بزيادة المسافة تنقص المركبة الموازية أسرع بكثير عما تنقص المركبة الرأسية.

والحركة الممتزجة لجسيمات الرياح الشمسية فى المجال المغناطيسى تسحب المجال نفسه. والتوصيلية الكهربية للرياح الشمسية تتناسب تقريباً مع متوسط المعيار الحر حوالى عشرة آلاف سيمون لكل متر. ولأغراض حسابية فإن هذه القيمة كبيرة لدرجة أننا يمكن أن نعتبر الرياح كموصل جيد. ويولد الموصل الجيد المتحرك فى مجال مغناطيسى تيارات تمسك بالمجال المغناطيسى بالموصل. وعلى ذلك فإن نوعية مختارة من الرياح الشمسية تستمر فى التمسك بالفيض المغناطيسى الأصلى بالرغم أنها قد تغير من شكلها مع الوقت. ولهذا السبب فإننا نقول إن لبلازما الرياح الشمسية **مجالا مغناطيسياً متجمداً**.

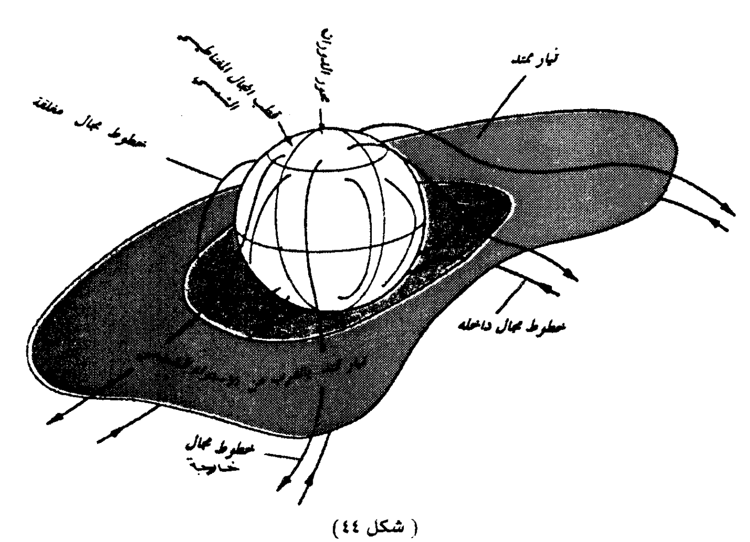
وقد بينت قياسات زاوية مجال الرياح الشمسية المغناطيسية الحلزونية (فى نظام أحداثيات متطابق مع الإتجاه الحلزونى)، المتاحة من الأقمار الصناعية، قطاعات متبادلة للمجال لتكون موجهة أساساً جهة الشمس أو

مـبـتـعدة عنهـا. غـالبـاً تكون هـذه القطاعـات، إثنين، أو أربعـة، منفـصلة عن بعضها بحدود القطاع.

وتعدِّل العمليات الشـمسيـة الديناميكية؛ المجـال المغناطيسى ذا القطبين للإكليل الشـمـسـى إلى شكل فـريد، بـأن تنفـتـح خطوط المجـال عند خطوط العرض المرتفعة وتكون تياراً إستوائياً منبسطاً (شكل ٤٤)،: تيارات منفصلة متجهة ناحية الشمس، أو مبتعدة عنها. وتُميَّز قطبية المجال عبر خطوط المجـال المنفـتـحـة بالمنطقـة القطبـيـة التى نشـأ فـيـهـا خط المجـال. وتعـدِّل العمليات النشطة على سطح الشمس شكل التيار الاستوائى المنبسط إلى ما يشبـه طرف مـلابس راقصـة البـاليـه. ولذلك فإن البـيـئـة الأرضـيـة تصـدم بالمجال الشـمسى إما موجها فى بعض الأحيان من منطقة القطب الشـمسى الشمالى وأحيانا أخرى من القطب الشمسى الجنوبى. وتكِّون هذه المجالات القطاعات التى تشاهد مبتعدة أو مقبلة.

وعندمـا تتـصـادم جـسـيـمـات تيـارات الثـقـوب الإكليلية من الشـمـس مع البـلازمـا البطيـئـة (٣٠٠- ٣٥٠ كيلومتر/ ثانية) الآتية من التيار الاستوائى المنبـسط، ينتج مـجـال متـضـاغط. وعند مناطق التـفـاعل هذه؛ يكون إتجاه المجال متـغيـرا تغيـراً كبيـراً، مع مـركبـات جنوبيـة كبيرة تسـتـمـر لأقل من ســاعــات قليلة. وســوف نرى أن وصــول هـذه التــيــارات المتـاوبة إلى ماجنيتوسفير الأرض يسبب العواصف المغناطيسية المتكررة الحدوث.

والصدمات التى تحدث فى بيئة الرياح الشمسية متشابهة لما هو مألوف تقـريباًعلى الأرض من وجوه عـديدة. نحن نسـمـع صـوت «فـرقـعـة» صـدمـة هوائيـة عندمـا تتـجـاوز طائرة سـرعـة الصـوت تسـببـهـا تصـادم الصـدر، مع جسيمات الهواء. كما نلاحظ صدر الصدمة المقوسة للموجات المتراكمة أمام القارب المتسارع، حيث انه يسبب تصادمات جسيمات الماء عندما يسير



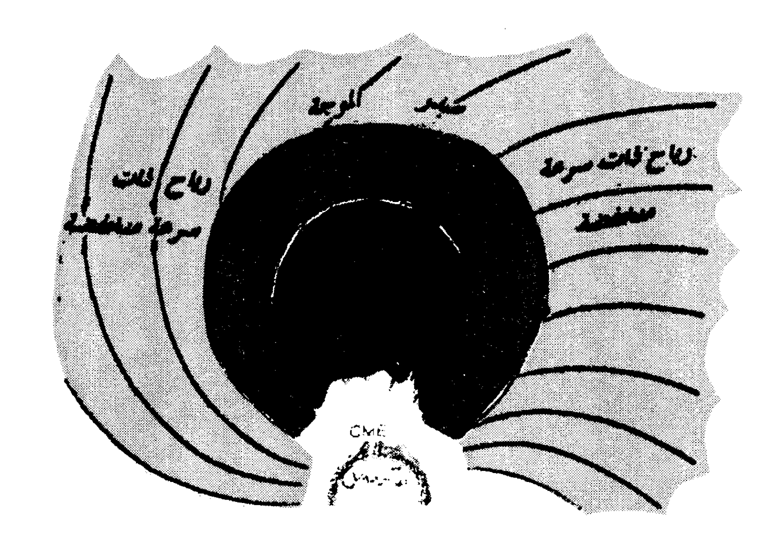
(شكل ٤٤)

نموذج للمجال الشمسى يبين التيار الممتد، بالقرب من خط استواء الشمس، الذى يفصل خطوط المجال المفتوحة الموجهة خارجيا فوق الإمتداد والمواجهة داخليا أسفل الأمتداد. كما يوضح أيضاً خطوط المجال المقفلة مبتدأة ومنتهية فى الثقوب الإكليلية. ويخلق النشاط الشمسى وخلفه القطب المغناطيسى الشمسى من محور الدوران تأثير تيارات ممتدة تشبه ملابس راقصة الباليه على بعد الكرة الأرضية فى مستوى خط الاستواء الشمسى لدرجة تميز المجالات المتجهة خارجيا وداخليا والقطاعات الداخلية والخارجية المتصادمة مع الكرة الأرضية (سميث، وتسوروتانى، وروزنبرج ١٩٨٧).

القارب أسرع من موجات المياه. فى حالة بلازما الإلكترونات والأنوية ذات الشحنات فى الرياح الشمسية تكون متوسطات المسافات البينية الحرة كبيرة لدرجة تمكننا من الإفتراض بأن التصادم لا يقع. ولكن فى حالة التصادم الإجبارى يؤثر المجال المغناطيسى الموجود فى الرياح الشمسية على البلازما؛ فيجبر الجسيمات المشحونة، التى تتحرك عموديا على المجال أن تدور حول المجال. بينما الجسيمات المتحركة موازية للمجال تستمر فى

إتجاهها. وتسبب كلا الحركتين أن تدور الجسيمات حلزونيا حول خط المجال. وبهذه الطريقة تبدى البلازما، التى لا تتصادم، حركة إجبارية، والتى يمكن أن تعتبر متماثلة لخواص تصادم غاز الفضاء المرن.

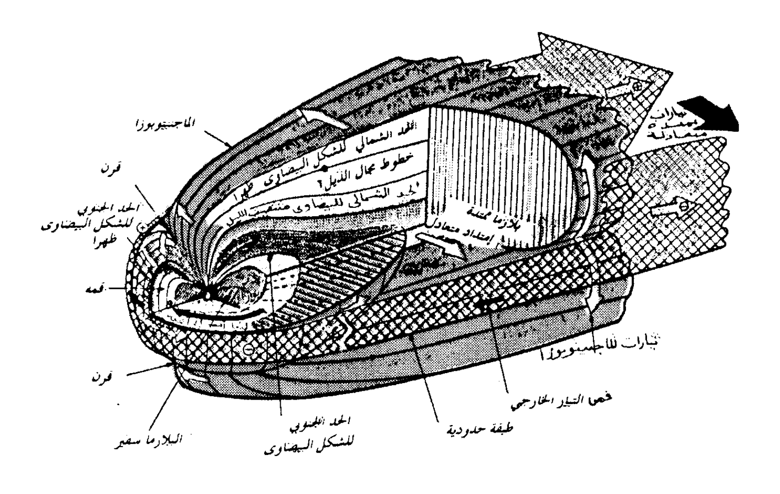
وينمو صدر الصدمة - الأدنى إرتطاما للرياح الشمسية المتضاغطة - عندما تتجاوز البلازما سريعة الحركةتلك البلازما الأبطأ فى الحركة . وأثناء وقت النشاط؛ تنطلق التيارات الناعمة من الجسيمات النشطة من مواقع الشعلات الشمسية، والثقوب الإكليلية، ومن المواقع غير المنتظمة على سطح الشمس حيث يتم إنطلاق الكتل الإكليلية. وترسم الإنطلاقات السريعة من الشمس مسارا يتوقف على السرعة مبتعدة عن الشمس متجاوزة الجسيمات الأبطأ عبر الصدر المتمدد. وكلما زادت سرعة الجسيمات؛ يقل إحكام الإلتفاف الحلزونى. فإذا زاد الفرق بين سرعتى البلازما المتفاعلة عن سرعات الموجات المحلية المميزة، تتكون صدر صدمة (شكل ٤٥) عند الحافة القائدة، وتزداد كثافة البلازما والمجال السمتى (بمعدل أربعة أمثال عند وحدة فلكية واحدة)، وتتكون فواصل السرعة الماسية.وبسبب أن صدر الصدمة تتحرك أسرع من الموجات المحلية. المميزة؛ فلا تصل إضطرابات أمام الصدر. وتنفصل الصدمات، فى بعض الأحيان، إلى نوعيات مساقة أو انفجارية، إعتمادا على ما إذا كان الصدر مزودا بإنسياب مستمر لبلازما سريعة؛ وإلا يعتبر حدث إنفجارى. والشوشرة الإلكترومغناطيسية التى تنفجر بتردد الموجات الراديوية يعتقد أنها ولدت فى صدر الصدمة.



(شكل٤٥)
تكوين صدر الصدمة مع منطقة الرياح المنضغطة الناتجة من تدخل الرياح ذات السرعة العالية فى الرياح ذات السرعة المنخفضة السائدة تلى قذف الكتل من الشعلة أو الإكليل الشمسى

(تفاعل الرياح الشمسية مع الماجنيتوسفير)

تتكون الصدمة بإستمرار عند ملاقاة جسيمات الرياح الشمسية والمجال المغناطيسى السيارى المتجمد الملازم لها؛ مع ماجنيتوسفير الأرض (الغلاف المغناطيسى الأرضى). وبإستخدام الإحداثيات الشمس - ماجنيتوسفيرية يمكن تحليل المجال المغناطيسى السيارى إلى المركبات ByوB فى إتجاهى الشرق والغرب و Bz فى المركبة الرأسية، وللمركبتين الأخرتين دلالة خاصة فى التفاعلات.



(شكل٤٦) رسم غلاف الأرض المغناطيسى مع أسماء المناطق والتيارات (NGDC/NOAA)

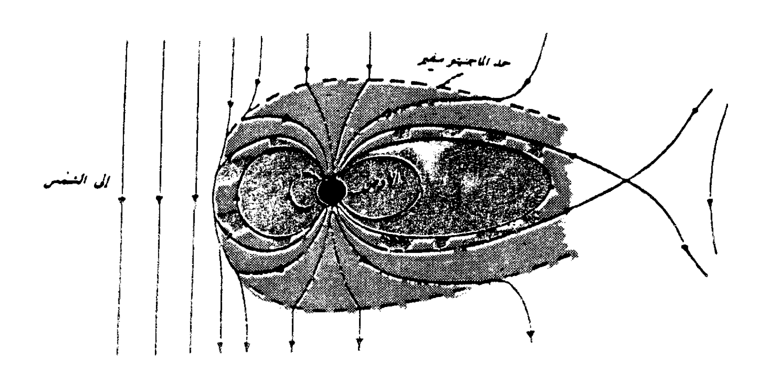
والمنطقة الملاصقة مباشرة للغلاف الجوى الذى يحتوى المجالات والجسيمات يسمى الماجنيتوبوزا، ويوضح (شكل ٤٦)، الماجنيتوسفير والأسماء التى تستخدم للمناطق المتمايزة. وموقع توقف عمل الماجنيتوبوزا (ألصق تقارب للحد المتضاغط) عادة يكون ما بين ٥ إلى ٢٠ مثل نصف قطر الكرة الأرضية؛ على بعد نموذجى من ١١ إلى ١٢ مثل نصف قطر الأرض. وموقع توقف صدر الصدمة عادة من ٣ إلى ٤ أمثال نصف قطر الأرض. وترسم مواقع منحنى الصدمة فى نهار اليوم والماجنيتوبوزا شكلاً بيضاوياً عند مواقع التوقف. ويمكن الحصول على الحدود المواجهة للشمس، مقربة تقريبا جيداً من هذا الشكل البيضاوى فى المستوى الإستوائى للمجال المغناطيسى الأرضى بإستخدام التوازن بين الضغط المغناطيسى الأرضى فى ماجنيتوسفير الأرض مع ضغط تصادم جسيمات الرياح الشمسية .

ويقوم الحد الخارجى للماجنيتوبوزا، الواضح المعالم ، للماجنيتوسفير بفصل المجال المغناطيسى الأرضى عن الرياح الشمسية، ويمكن أن يمثل تضاغط المجال المغناطيسى الأرضى نتيجة وصول الرياح الشمسية القوية بتيار الماجنيتوبوزا (يطلق عليه أحيانا تيار شابمان - فيزارو). وبملاحظة الزيادة الوقتية للمجال حول الأرض عند هجوم العاصفة، نستطيع بإستخدام معادلات رياضية حساب تيارات الماجنيتوبوزا الخارجية المكافئة التى تتوافق وتعضد المجال الثنائى القطب، كما نستطيع أن نربط المجال السطحى إلى مواقع التوقف، وكذلك قيمة المركبة الأفقية المضافة إلى المجال المغناطيسى الأرضى بالنانوتسلا نتيجة الفاصل المتضاغط .

على سبيل المثال ستكون الزيادة فى المركبة الأفقية عند خط الإستواء ٢٥ نانوتسلا عندما يكون موضع التوقف هو عشرة أمثال نصف قطر الأرض، وتكون الطاقة اللازمة التى تحدد المجال المغناطيسى ثنائية القطب بالتقريب ٤,١×١٠^١٥×H_z جول. وتكون الطاقة حوالى ١٠^١٥ جول للتضاغط المذكور عالية عند عشرة أمثال نصف قطر الكرة الأرضية. وعادة تلاحظ الزيادة فى المركبة الأفقية عند إجتياح العواصف المغناطيسية فى المراصد الواقعة عند خطوط العرض الوسطى والدنيا.

وإتجاهات المجال المغناطيسى السيارى ذات دلالات هامة لتفاعل الرياح الشمسية مع الماجنيتوسفير، وقاطعة فى تحديد إستجابة المجال المغناطيسى الأرضى للرياح الشمسية، فإذا كان له مركبة فى إتجاه الشمال فقد تحدث إضطرابات بسيطة، فى حين إذا كانت له مركبة فى إتجاه الجنوب فحدوث إضطرابات ذات مستوى عال إحتماله أكثر. وأثناء العواصف المغناطيسية تستمر حالات الإضطرابات لعدة ساعات ويتذبذب المجال الأرضى بغير إنتظام على مستوى الدقائق. ويظهر أن خطوط المجال تجتاز المنطقة عندما يتجه مقدار المجال المغناطيسى إلى الصفر. وقد

اقترح أن نقطة تعادل تحدث عندما يكون لمنطقتين خطوط مجال متضادة فى الإتجـاه؛ حـيث يبـدأ إعـادة تفـاعل خطوط القـوى، ومن ثم تنطلق الجسيمات المنسابة من المنطقتين ناحية نقطة التعادل إلى اتجاه عمودى مبتعدة عن نقطة التعادل. ويفترض النموذج المقبول حاليا أن المجال المغناطيسى السيارى الملازم للرياح الشمسية المتجه جنوبا يتصادم مع المجال الأرضى المتجه ناحية الشمال؛ فتتصادم خطوط المجال فيما بينها، فيتشوه المجال المغناطيسى الأرضى ثنائى القطب، مضيفا مدخلا لجسيمات الرياح الشمسية إلى الماجنيتوسفير (شكل ٤٧). وهكذا فإن المركبة الرأسية B_z للرياح الشمسية الواصلة تعمل كمفتاح توصيل أو قطع، أى أن المجال المغناطيسى السيارى المنحرف جنوبا هو المطلب الحرج لتواجد الإضطرابات المغناطيسية الكبرى عند الأرض.. ولكن لهذا النموذج بعض المشاكل: أن متطلبات تفاعل الإجتياح ليست معروفة بالتمام؛ ففى بعض الأحيان تكون حالات المجالات المغناطيسى السيارى محبذة التفاعل ولكن هذا لا يحدث؛ كما أنه قد يتوقع حالة ثبات تفاعل خطوط المجال على عكس ما يحدث.



(شكل٤٧) تدخل خطوط المجال عندما تكون مركبة مغناطيسى السيارى متجهة جنوبا
(ليفى،وبتشد وسيسكو ١٩٦٤)

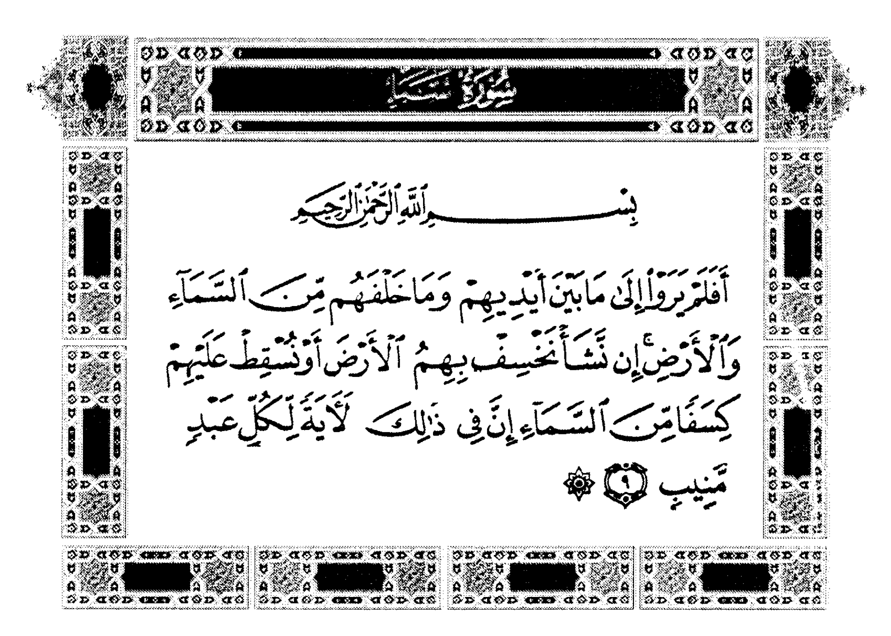
وقد أمكن إقتفاء أثر العواصف التى تتكرر لعدة دورات شمسية فى تيارات الجسيمات الآتية من الثقوب الإكليلية طويلة المدى والمجال المغناطيسى السيارى B_z النابع من تفاعلات التيارات مع تيار الشمس المنبسط. وتنتج غالبا هذه الأحداث فى النشاط الأرضى الشمسى طويل المدى والذى يطلق عليه **النشاط المستمر عالى الكثافة طويل المدى**.

وبسبب الزاوية الحلزونية لتيار الرياح الشمسية الواصلة عند وحدة فلكية واحدة فإن المركبة فى إتجاه الشرق للمجال المغناطيسى السيارى تطابق وتضاهى القطاع الذى يبعد من الشمس، بينما تضاهى المركبة فى إتجاه الغرب للمجال المغناطيسى السيارى ($-B_y$) القطاع الذى تتجه ناحية الشمس من الرياح الشمسية. ويتبين الإتجاه المفضل للرياح الشمسية حول الماجنيتوسفير بالإشارة الخاصة بمركبة المجال المغناطيسى السيارى B_y وسنرى حالا أن تفاعل مجالات القطاعات هذه يصبح مهما لخطوط مجال قلنسوة القطب الماجنيتوسفيرية التى تنثنى إلى الناحية الليلية من الماجنيتوسفير بواسطة الرياح الشمسية.

وتحدث القرون القطبية (نقطة التقاء قوسين)، أنظر فلق فى (شكل٤٦)، أينما ينثنى المجال الماجنيتوسفيرى إلى أسفل بواسطة الرياح الشمسية. هنا تخلق خطوط المجال التى أندمجت للتو مع المجال المغناطيسى السيارى؛ قُمْعا لدخول جسيمات الرياح الشمسية إلى نصف الكرة الفضائى لمناطق الوهج القطبى الشمالى والجنوبى. وتقع منطقة القرون القطبية بالقرب من خط العرض المغناطيسى ٧٧° (منتشرة على مدى درجة واحدة)، وإتساعا حوالى ثلاث ساعات بالقرب من ظهر التوقيت المغناطيسى. وتعمل كل من: صفات الرياح الشمسية؛ وتوجيه المجال الموسمى بالنسبة للمجال

المغناطيسى السيارى؛ وموقع منطقة تصادم العاصفة الأساسية، على تعديل موقع القرون القطبية. وفى أثناء العاصفة يكون إنسياب جسيمات المجال المغناطيسى السيارى إلى القرن القطبى مستمراً بصفة أساسية. ويترافق مع جانب القرن ناحية الإستواء؛ بلازما من جسيمات ومجالات داخل الماجنيتوبوزا مباشرة الممتدة من القرن القطبى إلى ناحية الذيل لتكون طبقة الفاصل وهو منخفض خطوط العرض، وذات أيونات أعلى سخونة وأقل كثافة عن تلك التى فى القرن القطبى.

ويحدث تفاعل لزج، على إمتداد جوانب الفاصل الماجنيتوسفيرى، ينقل عزم الرياح الشمسية إلى خطوط المجال المغلقة للماجنيتوسفير، ويسحبهم إلى ناحية الذيل. وخطوط المجال التى تندمج مع الرياح الشمسية بواسطة عمليات الإتصال المتكررة تنقل فوق الأقطاب وتسحب بعيدا خلف الكرة الأرضية لتكون ذيلا طويلا للماجنيتوسفير. ويخلق فى الذيل تيار محايد منبسط فى الذيل (شكل ٤٦)؛ ويبين مقطعه تركيباً ثنائى العروة دائرا فى داخل الفاصل وعبر ما يحتويه كتيار بلازما منبسط قاطع الذيل. ويستعمل تعبير **الحمل الماجنيتوسفيرى** لوصف كل الإنسيابات الناتجة عن الإتصالات المتكررة والتفاعل اللزج.


سُورَةُ سَبَإٍ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

أَفَلَمْ يَرَوْا إِلَىٰ مَا بَيْنَ أَيْدِيهِمْ وَمَا خَلْفَهُم مِّنَ السَّمَاءِ
وَالْأَرْضِ ۚ إِن نَّشَأْ نَخْسِفْ بِهِمُ الْأَرْضَ أَوْ نُسْقِطْ عَلَيْهِمْ
كِسَفًا مِّنَ السَّمَاءِ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّكُلِّ عَبْدٍ
مُّنِيبٍ ﴿٩﴾

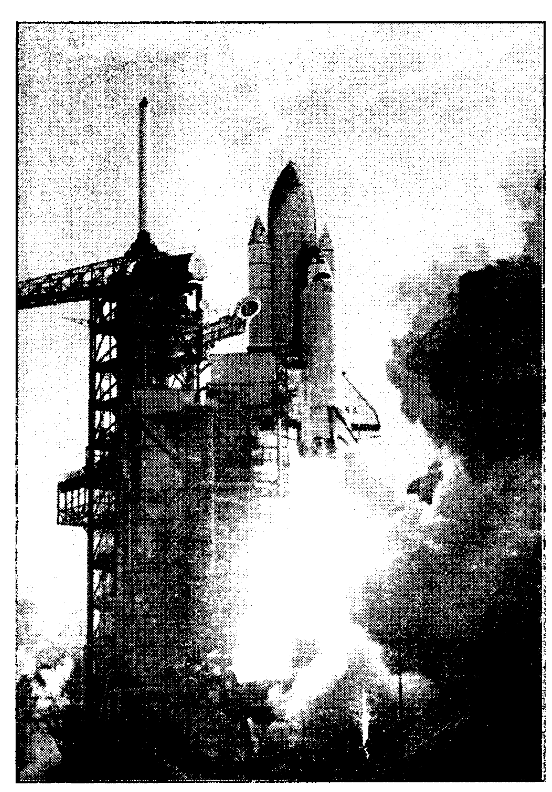
سورة سبأ (الآية ٩)

العواصف المغناطيسية

تحرر العمليات الديناميكية على الشمس بلازما من الجسيمات المشحونة (بروتونات وإلكترونات) مع المجالات السيارية فتصل إلى البيئة الأرضية فتسبب إضطرابات فى المغناطيسية الأرضية عند سطح الأرض، سميت العواصف المغناطيسية. وإحصائيا، تحدث عند خطوط العرض المتوسطة عاصفة كل سنة أكبر من ٢٥٠ نانوتسلا. في المركبة الأفقية (H)، وتحدث حوالى عشرة عواصف كل سنة أعلى من ٥٠ نانوتسلا. ويختلف عدد وشدة العواصف المغناطيسية مع دورة النشاط الشمسى كل إحدى عشر سنة مع التأخر عنها بسنة أو سنتين تقريباً.

ويظهر العديد من العواصف المغناطيسية التى تحدث عند خطوط العرض المتوسطة والقليلة مظهراً عاماً متشابها للمركبة الأفقية للمغناطيسية الأرضية، وقد يحدث أحياناً غياب هذا المظهر العام. تبدأ العاصفة **ببداية مفاجئة** تحدث غالباً متزامنة لعدة دقائق فى كل مكان على وجه الأرض. والبداية المفاجئة تسببها موجة الصدمة عند الماجنيتوسفير المتكونة نتيجة وصول بلازما الرياح الشمسية السريعة، مبتدأة العاصفة. وقد يلى البداية المفاجئة زيادة فى مركبة المجال المغناطيسى ناحية الشمال **كطور ابتدائى**، وهو تأثير تضاغطى قد يستمر لعدة ساعات. وقد يحدث الكثير من العواصف بدون هذا الطور الإبتدائى.والمظهر الذى يلى الطور الإبتدائى إن وجد، يسمى **الطور الأساسى** أو**طور النمو**، حيث تقل المركبة الأفقية للمجال المغناطيسى الأرضى وتتذبذب تذبذباً شديداً لمدة أطول وبسعات أكبر عما يحدث فى الطور الإبتدائى، وحينئذ يوجد الوهج القطبى وتيارات كهربائية نفاثة قوية. وأخيراً فى **طور الاسترداد** تتبدد العاصفة تدريجياً متخذة أطول فترة حيث يعود المجال إلى المستوى العادى فى عدة

أيام. وهذا النظام فى الطور الأساسى وطور الإسترداد والذى يلاحظ بالمركبة الأفقية H عند خطوط العرض المتوسطة والمنخفضة ينتج عن إضافة العديد من المجالات المساهمة فى الإضطرابات. وعلى العموم فإن الرياح الشمسية توصل الحمل الماجنيتوسفيرى الذى يتشتت فى العمليات المغناطيسية المرتبطة بالعاصفة. وتتقسم طاقة العاصفة بين الداخل إلى أيونوسفير الوهج القطبى، خلق التيارات الماجنيتوسفيرية، وبين عمليات الذيل الماجنيتوسفيرى.



(شكل ٤٨) إطلاق عبارة الفضاء الأمريكية (ناسا)

وفى مناسبات نادرة؛ تحدث عواصف شديدة كنقص كبير جداً فى المجال، ولكن بدون وجود الأطوار المتتابعة بوضوح. وهذه العواصف تكون متلازمة بتصادم بروتونات القلنسوة القطبية المفرطة الزيادة، وأيضا، بوهج قطبى أحمر التوهج.

وكان يظن، قبل الإستكشاف المكثف للماجنيتوسفير بواسطة الأقمار الصناعية (شكل ٤٨)، أن الطور الأساسى وطور الإسترداد للعواصف، أنهما ببساطة نتيجة مباشرة لنمو واضمحلال التيار الحلقى المحيط بالكرة الأرضية. وعلى كل فإنه مفهوم الآن أن العديد من المجالات المضطربة بالإضافة إلى جزء من التيارات الحلقية؛ تسهم فى القياسات التى تتم فى مراصد خطوط العرض المتوسطة والقليلة على سطح الأرض.

العواصف المغناطيسية الثانوية

لقد نشأت فكرة العواصف الثانوية (وتسمى أحياناً **عواصف الوهج القطبى الثانوية** أو العواصف القطبية الثانوية) من الحاجة إلى ربط أرصاد العاصفة أثناء فترة نشاط إنفجارها فى أماكنها الأصلية مع بعضها على مقياس زمنى أقصر من الأطوار الأساسية والاستردادية، وتحدث العواصف الثانوية إذا كانت مركبة المجال المغناطيسى السيارى فى إتجاه الجنوب كلية سامحة لإتصال خطوط المجال بين الرياح الشمسية ومجال الماجنيتوسفير المتجه شمالا (شكل ٤٩) ويكون هناك إنحناء مميز ناحية الشمال. حينئذ تبدأ سلسلة عواصف ثانوية حيث تدخل الجسيمات الواصلة وتعدل شكل وتركيب الماجنيتوسفير.

غالباً ما يظهر وهج العواصف الثانوية القطبى كقوس فريد أو مجموعة أقواس متوازية ذات حد سفلى لامع؛ وتمتد عبر السماء من الأفق إلى الأفق، موازية عادة لدائرة خط العرض المغناطيسى. وغالباً تنثنى الأقواس، وتتحرك بسرعة مبينة تغيراً فى الكثافة. وبعضها يتكسر إلى أشعات فردية، ربما تظهر متحركة بهدوء أو بسرعة عالية، تعطى مظهر ستائر سماوية. وتظهر الستائر شكل إكليلى عندما تحدث فى السمت المغناطيسى. ويتكون الوهج القطبى، بالقرب فى ذروة ظهوره، من موجات ضوئية قوية تتحرك بسرعة إلى أعلى فى تتابع منتظم. وفى بعض الأحيان يرى كأسطح منيرة مشعة أو نبضات وهج قطبى.

غالباً يصل طول الأقواس من مائة إلى عدة آلاف الكيلومترات وبعرض مئات الأمتار فقط. وإرتفاع أقصى إشعاع عادى قد قيس عند ٩٠ إلى ١٣٠ كيلو متر، وهى ذات برواز سفلى أحمر اللون يمتد أسفل إلى حوالى ٧٠ كيلومتر، مع أن الأقواس الحمراء تظهر أعلي شدتها عند ٢٥٠ إلي ٣٠٠كيلومتر. ويحرك ضوء الشمس فى الفضاء العلوى عمليات الإثارة، فيبسط حد الوهج القطبى الأعلى لحوالى ١٠٠٠ كيلومتر (شكل ٤٩).

وينظِّم توزيع حدوث الوهج القطبى بالإحداثيات المغناطيسية. ومعظم حدوث الوهج القطبى يقع بالقرب من خط العرض المغناطيسى٦٤° إلى ٧٠° شمالا أو جنوباً. وتسمى هذه المناطق منطقة الوهج القطبى الشمالى فى نصف الكرة الشمالى ومنطقة الوهج القطبى الجنوبى فى نصف الكرة الجنوبى. وتُصنّف أشكال الوهج القطبى بالقرب من خط عرض شرق - غرب مغناطيسى وذلك عند خطوط عرض من ٥٥ درجة إلي ٦٨ درجة

(شمالا أو جنوبا) وفي الاتجاه ناحية الشمس عند خطوط عرض فوق ٨٠ درجة. فى منطقة الوهج القطبى الشمالى، تكون الحركة الظاهرية الأفقية فى إتجاه الغرب فى المساء، وفى إتجاه الشرق فى الصباح؛ وعادة تكون التحركات الجنوبية فى إتجاه الجنوب ليلا. ويلاحظ سلوك التماثل للوهج فى نصفى الكرة عندما يسمح الظلام بالرؤية عند مواقع البؤرتين المترافقتين.

ويتبع أقصى حدوث وهج قطبى سنويا دورة النشاط المعروفة كل إحدى عشر سنة. ويرتبط الميل إلى تكرار حدوث الوهج القطبى كل ٢٧ يوما؛ بفترة دوران سطح الشمس. وهناك موسمان لأقصى حدوث وهج قطبى مرتبطان تقريبا بالربيع والخريف. وفى مناطق الوهج القطبى يقع حدوثه اليومى غالبا بالقرب من ساعات نصف الليل حسب التوقيت المحلى.

والوهج القطبى هو شاهد مرئى لوجود الجسيمات النشطة ذات العزم التى تطلق على الفضاء العلوى. عندما تدخل الإلكترونات، الأتية والدائرة عبر خطوط المجال، إلى الفضاء العلوى. ينتج عن التصادم تأثيران؛ الأول: بالنسبة للجسيمات ذات النشاط والعزم الأعلى تستطيع الصدمة أن تنزع الكترونا من جزيء الهواء مما يسبب تأين الجزىء ويتضاعف عدد الإلكترونات (الإلكترونات الآتية بالإضافة إلى الإلكترونات المنزوعة) وتزداد التوصيلية الكهربية. الثانى: بالنسبة للجسيمات الأقل نشاطاً، ولكنها فوق مستوى طاقة محدد، تتقبل جزيئات الفضاء الطاقة، ومن ثم تصبح مثارة وفى وقت يتعين بحالتى الجزىء والطاقة تتشتت الطاقة على هيئة إنبعاث ضوئى يسمى الفوتونات (مالم يكن هناك تصادم تالى مع ذرة أخرى أو جزىء ينزع الطاقة).

الإثارة والإشعاع فى عالم الذرات والجزيئات تحدث فقط عند مراحل مفروضة مثل مستويات كمية لها نماذج وصفية لكل ذرة أو جزيء ولها متطلبات طاقة مفروضة لإنزال الحمل كأطوال موجية ضوئية خاصة يمكن أن تشع بعد وقت محدد. وبطريقة ما؛ فإن الوهج القطبى يشابه علامات توهج لمبات النيون، حيث يطلق على غاز أنبوية النيون تيار كهربائى ذو جسيمات تنتج الطاقة المطلوبة للغاز كى يتوهج فى لونه المميز.

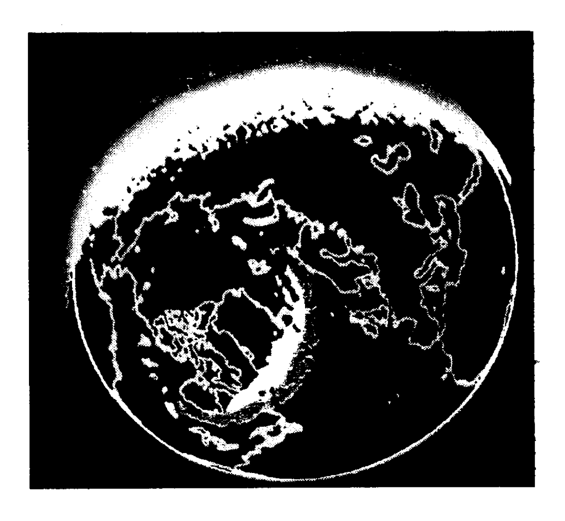


(شكل ٤٩) أقواس وهج قطبي ذات تركيب ستائري
كما ظهرت في سماء معهد الجيوفيزياء جامعة الاسكا (كامبل١٩٩٧)

ويتعين إرتفاع الوهج القطبى طبقاً لأربعة عوامل: طاقة الجسيمات المترسبة، وتركيب وكثافة الفضاء، ومستويات الإشعاع المسموح بها لجسيمات الفضاء، ونصف عمر حالة الإثارة للإشعاع المميز. ونصف العمر هو الوقت اللازم كى ينبعث نصف الفوتونات المثارة. ويغلب تواجد جزيئات الأوكسجين وذرات النيتروجين فيما بين إرتفاع ٦٠, ١٠٠ كيلو متر على منابع الطيف، ومن إرتفاع مائة إلى مائتين كيلومتر نجد أساساً ذرات الأوكسجين وجزيئات النيتروجين، وتغلب ذرات الأوكسجين فيما فوق ٢٠٠ كيلومتر. وتقل كثافة الفضاء أعلى حوالى ١٥٠ كيلومتر لدرجة أن التصادمات التي تزيل الطاقة من الذرات المثارة والجزيئات تقل كثيراً ويحدث تصادم الجسيمات الداخلة مع هيدروجين وهيليوم الفضاء فى المستويات خارج حدود الرؤية.

تأتى المساهمة الأولية للوهج القطبى المرئى من الخط الأخضر للأوكسجين ذى الطول الموجى ٥٥٧٧ انجستروم، ومن إشعاع حزمة جزيئات النيتروجين المتأين ذى اللون الأزرق - البنفسجى بالقرب من ٣٩١٤ انجستروم، ٤٢٧٨ انجستروم فى منطقة الفضاء من حوالى ١٠٠ إلى ٣٠٠ كيلومتر. وبالرغم أن إشعاع أو إنبعاث النيتروجين تصل قوته إلى ما يماثل بالتقريب إشعاع الأوكسجين أسفل ٢٠٠ كيلومتر إلا أن العين تفضل اللون الأخضر، وتبلغ نصف حياة إنبعاث الأوكسجين ثلاثة أرباع الثانية، بينما إشعاع النيتروجين يعتبر لحظيا نسبيا، والخط الأحمر ٣٦٠٠ انجستروم للأوكسجين الذرى محدود للإرتفاعات الأعلى حيث أن نصف عمره الذى يبلغ ١٣٠ مللى ثانية، وبسبب الوقت القصير (نسبيا) لحدوث تصادمات أكثر عند الإرتفاعات الأقل وهذا يزيل الطاقة قبل الإنبعاث. والوهج القطبي الأحمر في الارتفاعات العليا مؤثرة ومحركة للعواصف إلا أنها نادرة الحدوث. وقد يتصادف إنبعاث حزم ضوئية حمراء من النيتروجين أسفل ١٠٠ كيلومتر مباشرة من أسفل الحد السفلى للوهج القطبى.

ويظهر الوهج القطبى غالبا على شكل تركيب ستائرى، ذى ثنيات تتبع تقريبا خطوط المجالات الرأسية فى الإرتفاعات العليا (شكل ٤٩). ويحدد نصف قطر دوران الألكترونات المترسبة عرض أى عنصر متألق. **ومنطقة الوهج القطبى** هى منطقة عالمية يحدث فيها الوهج القطبى، ويبلغ أقصاه بالقرب من خط عرض مغناطيسى ٦٥ درجة، مكونة شكلا بيضاويا يحيط بالقطب المغناطيسى (شكل ٥٠). وعندما ينمو اضطراب ما، تمتد المنطقة فى اتجاهى القطب والاستواء. وفى فترات النشاط المغناطيسى الهادىء، تتقلص منطقة الوهج القطبى (عادة خارج نطاق رؤية العين) إلى موقع بالقرب من خط العرض المغناطيسى ٧٠ إلى ٧٥ درجة. كما تم إقتفاء الوهج القطبى لتيارات المجال الخطى وتيارات الوهج القطبى النفاثة. وقد وجد أن شدة وأماكن الوهج القطبى تبدى علاقة وطيدة مع قياسات المجال المغناطيسى الأرضى على السطح أسفل الوهج القطبى.



(شكل ٥٠) صورة للوهج القطبي البيضاوي الشمالي متمركز بالقرب من القطب المغناطيسي بالقرب من شمال غرب جرين لاند خط زوال منتصف الليل بالقرب من يمين أسفل الشكل رصدت الصورة البيضاوية فوق البنفسجي من القمر اكسبلور-١ (هو فمان، واوجيلفي، و اكوفا ١٩٩٦)

(التأثيرات المعوقة نتيجة الإضطرابات المغناطيسية)

قد تتغير زاوية الإنحراف أثناء العواصف المغناطيسية بعدة درجات، ويتذبذب المجال بطريقة غير منتظمة فى دقائق متتابعة بما يسبب خطورة بالغة فى الإعتماد على المجال المغناطيسى فى الملاحة البحرية أو الجوية أو الحفر الموجه، كذلك القياسات الحقلية أثناءها تصبح غير ذى فائدة لتعذر إجراء التصحيحات اللازمة للأرصاد.

وأثناء العواصف المغناطيسية تتشوش الإتصالات الراديوية ذات الأطوال الموجية القصيرة، وتنخفض درجة دقة التعيين للأماكن بواسطة الأجهزة التى تعتمد على الأقمار الصناعية بسبب إضطرابات الأيونوسفير. كما أن التغيرات السريعة للمجال تولد تيارات كهربائية فى خطوط الأنابيب وخطوط الكهرباء والتليفونات وشبكات الإتصالات وغيرها مما يسبب تعطلها أو حتى تلفها فى بعض الأحيان.

إن الأجهزة الحاسبة فى الأقمار الصناعية ومراكب الفضاء تحتوى على أجزاء سريعة التأثر، وتتلف بواسطة الجسيمات المشحونة النشطة الموجودة فى الغلاف المغناطيسى مما يؤدى إلى فقدان السيطرة على الأقمار ومراكب الفضاء. وأثناء العواصف المغناطيسية تخترق الجسيمات المشحونة ذات السرعات العالية طبقات الجو العليا مسببة إرتفاعاً رهيباً فى درجة الحرارة، مما ينتج عنه تمدد طبقات الجو إلى الخارج، وزيادة كثافة الغلاف الجوى العلوى (نسبياً) مؤثرة على الملاحة الجوية والإقلال من سرعة الأقمار الصناعية داخل الغلاف الجوى. ونتيجة لإنخفاض سرعة القمر الصناعى يتغير مداره مما يقلل من عمره الإفتراضى نتيجة لتراكم اثار العواصف المغناطيسية.

ولذلك كله فإن التنبؤ بالنشاط الشمسى والمغناطيسى الأرضى من العوامل المهمة فى جميع المجالات المتعددة التى ذكرت ولاسيما فى التخطيط للبعثات الفضائية.

(الملخص)

الشمس هى المنبع الأساسى للإضطرابات التى نرصدها فى المجال المغناطيسى الأرضى. وتعتبر المناطق النشطة على سطح الشمس مثل الشعلات الشمسية، والثقوب الإكليلية هى المسئولة عن إنطلاقات الكتل ذات الجسيمات النشطة قوية العزم، والتى تصل إلى محيطنا الأرضى مسببة هذه الإضطرابات . وبرغم الحدوث الجزافى نسبياً؛ فإن أحداث إنطلاقات الكتل الإكليلية تتبع الدورة الشمسية أى كل إحدى عشر سنة، كما إنها مرتبطة أيضاً بزمن الدوران السطحى للشمس كل ٢٧ يوم. وتسبب الهبّات الشمسية لإنطلاقات الكتل الإكليلية صدمات هيدرومغناطيسية توصِّف ملامح إضطراب الرياح الشمسية. وعندما تتقاطع الرياح الشمسية مع الكرة الأرضية فإنها تعدل من هيئة المجال المغناطيسى الأرضى مزدوج الأقطاب؛ فتحصره فى حيز داخل الفضاء بما يشابه النيازك؛ فيُضغَط المجال الأرضى المواجه للشمس فى حيز من ٢٥ إلى ٦ أمثال نصف قطر الأرض حيث بتوقف تأثيره، ويمتد الذيل فى الجهة المقابلة المظلمة إلى ما بعد مدار القمر.

ويَرّحل المجال المغناطيسى السيارى مع الرياح الشمسية متجمداً مع الجسيمات الشمسية المنطلقة. عندما يكون المجال المغناطيسى السيارى الذى يصل إلى حد الغلاف المغناطيسى المواجه للشمس فى إتجاه الجنوب؛

يحـدث تداخل فى خطوط المجـال الأرضى، وتنجم حـينئـذ عـاصـفـة مغناطيسية. أما إذا وصل المجال السيارى فى الإتجاه شرق - غرب عند حد الغلاف المغناطيسى. فإنه يسبب إنتقالات لتيارات مناطق الوهج القطبى فى إتجاهات تسمى تأثيرات القطاعات. والعاصفة المغناطيسية هى فترة لإضطراب المجال المغناطيسى الأرضى عند سطح الأرض تظهر فى تسجيلات المراصد الواقعة عند خطوط العرض المتوسطة والمنخفضة.

ويطلق على الإضطرابات المرتبطة بعمليات الغلاف المغناطيسى وطبقة الأيونوسفير التى تحدث أثناء فترة العاصفة المغناطيسية بالعواصف الثانوية محدثة تغيرات حادة فى ذيل الغلاف المغناطيسى، والتيارات الحلقية ، والتيارات الممتدة التى تدفع بجسيمات (إلكترونات وبروتونات بالدرجة الأولى) إلى داخل مناطق الوهج القطبى عند خطوط العرض العالية. ويحدث الوهج القطبي نظراً لأن تواجد هذه الجسيمات يثيرالأوكسجين والنيتروجين الموجودين فى طبقات الجو العليا فتتوهج عند خطوط طيف الأطوال الموجية التى تنطلق طبقا للتركيب الذرى والجزيئى لهذه الغازات. وتعظم التوصيلية الكهربائية للأيونوسفير فى مناطق الوهج القطبى النشطة. ويتشتت الجزء الأكبر من طاقة العواصف الثانوية بواسطة التسخين الكونى.

وتصنف النبضات المغناطيسية إلى مجموعات طبقاً لأزمنتها الدورية بإستمرار فمنها المستمرة أو المنتظمة (ترددضيق)، أو غير المنتظمة (تردد عريض). والنبضات هى ظاهرة إضطرابات ماجنيتوسفيرية ذات ملامح تساعد كثيراً - إذا ما فسرت تفسيراً صحيحا - فى علم دراسة وتشخيص وفهم بيئة الفضاء حولنا.

كتب للمؤلف

- قصة الكرة الأرضية .
- التنقيب الجيومغناطيسى .
- التنقيب بالطرق الكهربائية .
- التنقيب بطرق الجاذبية الأرضية .
- المغناطيسية الأرضية وتطبيقاتها الحديثة .
- الطاقة الشمسية فى خدمة أمان ورفاهية الإنسانية .
- الطاقة الحرارية الأرضية متاعا للبشرية .
- عمر الكرة الأرضية .
- النشاط الشمسى وأثره فى الكرة الأرضية .

دكـــتـــــور / حنفى على دعـــبس

أستـاذ الجـيـوفـيـزياء بالمعـهـد القـومى

للبـحوث الفلكيـة والجـيوفيـزيقيـة - حلوان

حصل على بكالوريوس العلوم عام ١٩٦١م من جامعة القاهرة ثم دكتوراه عـام ١٩٧٠م فى فلسفـة العلوم فى الطبيـعـة الأرضـيـة من الأكـاديمـيـة التشيكوسلوفاكية (جيوفيزياء). تدرج فى الوظائف العلمية بالمعهد حتى أستاذ باحث عام ١٩٨٠م. حيث عين رئيسا لقسم المغناطيسية والتثاقلية الأرضية (١٩٨٠ -١٩٨٦) ثم نائبا لرئيس المعهد (١٩٨٦ -١٩٩٥) ثم رئيساً للمعهد (١٩٩٥ -١٩٩٧).

وشـغل عـضـوية ورئـاسـة مـجلس إدارة المعـهـد القـومى للبـحـوث الفلكيـة والجيوفيزيقية. ورئيس مجموعة عمل المجالات الداخلية والخارجية المنبثقة من IAGA، وأيضاً عضوية كل من مجلس إدارة الجمعية الجيوفيزيقية المصرية واللجنة القومية للطبيعة الأرضية والمكتب الفنى لرئيس أكاديمية البـحث العلمى والتكنولوجيـا والأمـانة الفنيـة لأكـاديمـيـة البـحث العلمى والتكنولوجيا والمجلس الأعلى لمراكز ومعاهد البحوث.

فى مجال البحث العلمى وتطبيقاته نشر العديد من البحوث العلمية والكتب فى مجال الجيوفيزياء المختلفة. وندب للتدريس فى بعض الجامعات المصرية، ويشرف على بعض رسائل الماجستير والدكتوراه، ويمثل جمهورية مصر العربية فى العديد من المؤتمرات والإجتماعات الدولية فى مجالات الجيوفيزياء المختلفة بما فيها المؤتمرات الخاصة بأبحاث العلاقات الشمس أرضية.

الفــهـرس

الفـــهــرس	الصفحة

تم بحمد الله

شركة مؤسسة الطوبجى للتجارة والطباعة والنشر



ت: ٧٩٦٢٣٦٤ ٠١٠١١١٨٨٨٤ ٠١٢٢٢١١٧٣٠٦